



Análise e Melhoria do Processo de Maquinagem Numa Empresa Industrial

CARLOS MANUEL DA COSTA MONTEIRO

setembro de 2018

ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO DE MAQUINAGEM NUMA EMPRESA INDUSTRIAL

Carlos Manuel da Costa Monteiro
1150050

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO DE MAQUINAGEM NUMA EMPRESA INDUSTRIAL

CARLOS MANUEL DA COSTA MONTEIRO

1150050

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica – Ramo Gestão Industrial, realizada sob a orientação do Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira.

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

JÚRI

Presidente

Maria Antónia Maio Nunes da Silva Gonçalves

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Catarina Judite Morais Delgado Castelo Branco

Professor Auxiliar, Faculdade de Economia da Universidade do Porto

AGRADECIMENTOS

Pretende-se neste espaço deixar uma palavra de apreço a pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização do trabalho apresentado.

Começo por agradecer à empresa Ramada Aços, S.A., na pessoa do Eng.º Hugo Ferreira, Diretor de Produção, pela oportunidade e abertura em realizar o presente trabalho e por toda a experiência profissional proporcionada.

Gostaria também de agradecer ao Prof. Doutor Luis Pinto Ferreira por todo o auxílio, orientação, simplicidade e disponibilidade.

Aos meus Amigos de sempre e aos de agora, que sempre estiveram por perto e me apoiaram fortemente.

Aos meus Sogros por todo o carinho e conforto.

Aos meus Pais, por me ensinarem a lutar pelo que desejo, pelos valores que me transmitiram e acima de tudo por me apoiarem incondicionalmente pelos caminhos que enveredo.

Finalmente, à Maria, minha esposa, pelo amor, companheirismo, paciência, sacrifícios e suporte nesta “meia vida”.

Curtas são as palavras que exprimem o sentimento.

Muito obrigado.

PALAVRAS CHAVE

Lean Thinking, Melhoria Contínua, Maquinagem, *SMED*

RESUMO

A evolução constante das tecnologias, o aprofundamento do conhecimento técnico e científico e a própria globalização, exponenciam cada vez mais a competitividade e a necessidade das organizações se tornarem cada vez melhores, isto é, mais eficientes e capazes de gerar valor. Nesse sentido, o presente trabalho pretende contribuir para a melhoria da empresa, aumentando eficiência produtiva e diminuindo desperdícios.

O projeto apresentado foi desenvolvido numa empresa metalúrgica, mais concretamente na secção da Maquinagem, onde foram encontradas várias oportunidades de melhoria, desde baixos tempos produtivos, gamas operatórias incorretas, tempos teóricos de fabrico inadequados até a ocorrência significativa de NC (Não Conformidades) internas/externas.

Para que fosse exequível colmatar estes problemas, existiu a necessidade de realizar o mapeamento dos processos e identificação de produtos chave sendo posteriormente possível equacionar e implementar melhorias, que passaram pela atualização de gamas operatórias, definição de novos tempos de fabrico *standard*, melhoria de taxas de produção relacionadas com a diminuição dos tempos de *setup* (recorrendo à ferramenta *Lean SMED*) e diminuição de NC por implementação de duplo controlo e formação específica dos operadores.

Através do descrito, como principais ganhos, foi possível diminuir em 40% o tempo de *setup* em fresadora vertical e 57% em fresadora horizontal, diminuir também 59% do tempo em movimentação de peças até 1000Kg e a ocorrência de NC, mais concretamente 2,04% de NC internas e 3,99% de NC externas.

Do ponto de vista qualitativo, através de nova forma de afetação e gestão diária do trabalho foi possível melhorar a comunicação, obter maior coordenação e organização e melhorar a visibilidade do *WIP* (*work-in-progress*). A definição de novas gamas operatórias permitiu maior padronização do trabalho, maior qualidade de informação e informação mais fidedigna.

Com a criação de novas fórmulas foi também possível incrementar a qualidade de informação e a validade da mesma. Finalmente, formações aos operadores conferiram-lhes maior apetência técnica.

KEYWORDS

Lean Thinking, Continuous Improvement, Machining, SMED

ABSTRACT

The continuous evolution of technologies, the deepening of technical and scientific knowledge and globalization itself, increasingly expose competitiveness and the need for organizations to become better, that is, more efficient and capable of generating value. In this sense, the present work intends to contribute to the improvement of the company, increasing productive efficiency and reducing waste.

The project presented was developed in a metallurgical company, specifically in the machining section, where several opportunities for improvement were found, from low productive times, incorrect operating ranges, inadequate theoretical manufacturing times until the significant occurrence of internal/external NC (Non Conformities).

In order to be able to solve these problems, there was a need to map the processes and identify key products, and it was then possible to equate and implement improvements, which included updating operating ranges, defining new standard manufacturing times, improving of production rates related to the reduction of setup times (using the Lean tool SMED) and reduction of NC by double control implementation and specific training of the operators.

Through the described, as main gains, it was possible to reduce by 40% the setup time in vertical milling machine and 57% in horizontal milling machine, also reducing 59% of the time in moving parts up to 1000Kg and the occurrence of NC, more specifically 2,04% of internal NC and 3,99% of external NC.

From the qualitative point of view, through a new form of affectation and daily management of work it was possible to improve communication, obtain greater coordination and organization and improve the visibility of the WIP. The definition of new operative ranges allowed standardization of work, greater quality of information and more reliable information. With the creation of new formulas, it was also possible to increase the quality of information and its validity. Finally, trainings to the operators gave them greater technical ability.

LISTA DE ABREVIATURAS, UNIDADES E SÍMBOLOS

Lista de Abreviaturas

I-A	Investigação Ação
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PSI-20	<i>Portuguese Stock Index</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
MC	Melhoria Contínua
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
JIT	<i>Just-in-time</i>
WIP	<i>Work-in-progress</i>
PDCA	<i>Plan; Do; Check; Act</i>
QCO	<i>Quick Changeover</i>
MP	Matéria-prima
PA	Produto Acabado
NEI	Nota de Execução Interna
PRP	<i>Production Resource Planning</i>
OC	Ordem de Compra
OF	Ordem de Fabrico
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
NC	Não Conformidades
BR	Boletim de Reclamação
BNC	Boletim de Não Conformidade
AA	Armazém de Aços
HB	Dureza Brinell

Lista de Unidades

m ²	Metro quadrado
M€	Milhões de Euros
€/m ²	Euro por metro quadrado
h	Hora
min	Minuto
mm	Milímetro
min/m ²	Minuto por metro quadrado
cm ³ /h	Centímetro cúbico por hora
min/cm ³	Minuto por centímetro cúbico
mm/min	Milímetro por minuto
rpm	Rotações por minuto

Lista de Símbolos

%	Porcentagem
hh:mm:ss	Horas:Minutos:Segundos
Q	Taxa de Remoção de Material (MRR)
A _p	Profundidade axial
a _e	Profundidade radial
V _f	Velocidade de avanço
V _c	Velocidade de corte
Z _n	N.º de Dentes
n	Frequência
f _z	Avanço por dente

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Lean Manufacturing</i>	Metodologia de melhoria contínua que envolve a eliminação de desperdícios
<i>Cluster</i>	Concentração de entidades que se caracterizam por possuírem características semelhantes
<i>One Stop Shop</i>	Negócio em que são oferecidos múltiplos serviços
<i>5S</i>	Ferramenta <i>Lean</i> de 5 etapas que tem o intuito de melhorar a eficiência do processo
<i>Kanban</i>	Método de gestão e melhoria com utilização de cartões para balanceamento de fluxos produtivos
Diagrama de Pareto	Gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências permitindo priorização de resultados
<i>Setup</i>	Tempo decorrido para troca de ferramenta, programa, equipamento (etc.), de um processo em execução até a inicialização do próximo processo
<i>Coach</i>	Formar/treinar
<i>Key user</i>	Utilizador chave
<i>Kaizen</i>	Melhoria Contínua
<i>Lead time</i>	Tempo de ciclo entre o início de uma atividade e o seu término
<i>Stakeholders</i>	Partes interessadas ou intervenientes em determinado processo
<i>Jidoka</i>	Pilar do TPS que significa automação com intervenção humana
<i>Muda</i>	Conceito do TPS que significa desperdício
<i>Muri</i>	Conceito do TPS que retrata sobrecarga do sistema produtivo
<i>Mura</i>	Conceito do TPC que descreve a distribuição desigual do fluxo
<i>Retrofitting</i>	Modernização de equipamentos antigos através de integração de novas tecnologias
<i>On time</i>	No momento correto/ Atempadamente

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - O PROCESSO CÍCLICO DE ACTION-RESEARCH (SEGUNDO SUSMAN & EVERED, 1978).	28
FIGURA 2 - IMPLANTAÇÃO SEDE (OVAR) RAMADA AÇOS, S.A. (RAMADA AÇOS, S.A., 2014).	30
FIGURA 3 – RODA DOS SERVIÇOS DA EMPRESA RAMADA AÇOS, S.A. (RAMADA AÇOS, S.A., 2014).	30
FIGURA 4 – KAIZEN: MUDAR PARA MELHOR (FONTE: CRW CONSULTORIA).	38
FIGURA 5 - CASA TPS. ADAPTADO DE (CHO, 2001).	39
FIGURA 6 - PRINCÍPIOS <i>LEAN MANUFACTURING</i> .	41
FIGURA 7 - EXEMPLO DE PEÇA MAQUINADA.	47
FIGURA 8 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO MAQUINAGEM.	48
FIGURA 9 - FLUXOGRAMA DO SUBPROCESSO EXECUÇÃO.	49
FIGURA 10 – SELEÇÃO DE PRODUTOS A ANALISAR.	51
FIGURA 11 - VSM DO SUBPROCESSO EXECUÇÃO DA MAQUINAGEM (ANTES).	54
FIGURA 12 - ETAPAS SMED.	55
FIGURA 13 - PASSOS <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (ANTES).	56
FIGURA 14 - PASSOS <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (ANTES).	60
FIGURA 15 - ORDEM DE FABRICO DA MAQUINAGEM (ANTES).	64
FIGURA 16 - BANCADA FRESADORA DROOP REIN (ANTES).	70
FIGURA 17 - BANCADA FRESADORA DROOP REIN (DEPOIS).	70
FIGURA 19 – PARQUE "EM CURSO" FRESADORA DROOP REIN (DEPOIS).	71
FIGURA 18 - PARQUE "EM CURSO" FRESADORA DROOP REIN (ANTES).	71
FIGURA 21 - BANCADA FRESADORA SCHARMANN (DEPOIS).	72
FIGURA 20 - BANCADA FRESADORA SCHARMANN (ANTES).	72
FIGURA 23 - PARQUE "EM CURSO" FRESADORA SCHARMANN (DEPOIS).	73
FIGURA 22 - PARQUE "EM CURSO" FRESADORA SCHARMANN (ANTES).	73
FIGURA 24 - PASSOS <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (DEPOIS).	73
FIGURA 25 - PASSOS <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (DEPOIS).	77
FIGURA 26 - SESSÃO <i>BAAN</i> TERMINAR OPERAÇÕES DE FABRICO.	82
FIGURA 27 - <i>RAMGEST</i> : <i>OF'S</i> EM CURSO.	83
FIGURA 28 - <i>RAMGEST</i> : CARGA DO SETOR.	83
FIGURA 29 - GRUA DE COLUNA/BANDEIRA.	84
FIGURA 30 - ELETROÍMAN MANUAL 1 DE 1T.	84
FIGURA 31 - ELETROÍMAN MANUAL 2 DE 1T.	84
FIGURA 32 - VARIÁVEIS DA FRESAGEM (1).	88
FIGURA 33 - VARIÁVEIS DA FRESAGEM (2).	88
FIGURA 34 - ORDEM DE FABRICO DA MAQUINAGEM (DEPOIS).	90
FIGURA 35 - DUPLO CONTROLO DA MAQUINAGEM.	93
FIGURA 36 - VSM DO SUBPROCESSO EXECUÇÃO DA MAQUINAGEM (DEPOIS).	96

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – ANÁLISE E MELHORIA DE PROCESSOS PRODUTIVOS.	35
TABELA 2 - PRINCÍPIOS <i>LEAN MANUFACTURING</i> .	40
TABELA 3 - SETE TIPOS DE DESPERDÍCIOS.	41
TABELA 4- FERRAMENTAS LEAN.	43
TABELA 5 – IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS.	52
TABELA 6 - TEMPOS PRODUTIVOS MAQUINAGEM.	52
TABELA 7 - TEMPO TOTAL <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (ANTES).	56
TABELA 8 - TEMPO EFETIVO <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (ANTES).	56
TABELA 9 - TAREFA MAIS LONGA <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (ANTES).	56
TABELA 10 - TIPO DE OPERAÇÕES <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (ANTES).	56
TABELA 11 - RÁCIOS DE OPERAÇÕES <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (ANTES).	57
TABELA 12 - TEMPOS DE <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (ANTES): ANÁLISE GERAL.	58
TABELA 13 - RÁCIOS DE OPERAÇÕES FRESADORA DROOP REIN (ANTES): ANÁLISE GERAL.	58
TABELA 14 - TEMPO TOTAL <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (ANTES).	59
TABELA 15 - TEMPO EFETIVO <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (ANTES).	59
TABELA 16 - TAREFA MAIS LONGA <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (ANTES).	60
TABELA 17 - TIPO DE OPERAÇÕES <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (ANTES).	60
TABELA 18 - RÁCIOS DE OPERAÇÕES <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (ANTES).	60
TABELA 19 - TEMPOS DE <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (ANTES): ANÁLISE GERAL.	62
TABELA 20 - RÁCIOS DE OPERAÇÕES FRESADORA SCHARMANN (ANTES): ANÁLISE GERAL.	62
TABELA 21 - GAMA OPERATÓRIA DA MAQUINAGEM.	63
TABELA 22 - TEMPOS DE EXECUÇÃO DA MAQUINAGEM.	65
TABELA 23 - PROPOSTAS DE MELHORIA.	68
TABELA 24 - MELHORIAS <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN.	69
TABELA 25 - MELHORIAS <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN.	71
TABELA 26 - TEMPO TOTAL <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (DEPOIS).	73
TABELA 27 - TEMPO EFETIVO <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (DEPOIS).	73
TABELA 28 - TAREFA MAIS LONGA <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (DEPOIS).	74
TABELA 29 - TIPO DE OPERAÇÕES <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (DEPOIS).	74
TABELA 30 - RÁCIOS DE OPERAÇÕES <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (DEPOIS).	74
TABELA 31 - TEMPOS DE <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (DEPOIS): ANÁLISE GERAL.	75
TABELA 32 - RÁCIOS DE OPERAÇÕES FRESADORA DROOP REIN (DEPOIS): ANÁLISE GERAL.	75
TABELA 33 - MELHORIAS <i>SMED</i> MAQUINAGEM FRESADORA VERTICAL.	77
TABELA 34 - TEMPO TOTAL <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (DEPOIS).	77
TABELA 35 - TEMPO EFETIVO <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (DEPOIS).	78
TABELA 36 - TAREFA MAIS LONGA <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (DEPOIS).	78
TABELA 37 - TIPO DE OPERAÇÕES <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (DEPOIS).	78

TABELA 38 - RÁCIOS DE OPERAÇÕES <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (DEPOIS).	78
TABELA 39 - TEMPOS DE <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (DEPOIS): ANÁLISE GERAL.	79
TABELA 40 - RÁCIOS DE OPERAÇÕES FRESADORA SCHARMANN (DEPOIS): ANÁLISE GERAL.	79
TABELA 41 - MELHORIAS SMED MAQUINAGEM FRESADORA HORIZONTAL.	81
TABELA 42 - NOVA GAMA OPERATÓRIA DA MAQUINAGEM.	85
TABELA 43 - NOVOS TEMPOS DE EXECUÇÃO DA MAQUINAGEM (ACABAMENTO).	86
TABELA 44 - NOVOS TEMPOS DE EXECUÇÃO DA MAQUINAGEM (DESBASTE).	87
TABELA 45 - NOVOS TEMPOS DE EXECUÇÃO DA MAQUINAGEM (RETIFICAÇÃO).	87
TABELA 46 - NOVOS PARÂMETROS DA MAQUINAGEM.	89
TABELA 47 - ANÁLISE MELHORIAS QUALIDADE.	93
TABELA 48 - ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS PROPOSTAS IMPLEMENTADAS.	97

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - RELAÇÃO ENTRE AS PERDAS E FERRAMENTAS <i>LEAN</i> UTILIZADAS PARA COMBATÊ-LAS. ADAPTADO DE (GIANNINI, 2007).	42
GRÁFICO 2 - QUANTIDADE DE PEÇAS POR TIPO DE MATERIAL. ESPAÇO TEMPORAL: AGOSTO DE 2016 A AGOSTO DE 2017.	50
GRÁFICO 3 - QUANTIDADE DE PEÇAS POR GAMA DE COMPRIMENTO. ESPAÇO TEMPORAL: AGOSTO DE 2016 A AGOSTO DE 2017.	50
GRÁFICO 4 - QUANTIDADE DE PEÇAS POR GAMA DE LARGURA. ESPAÇO TEMPORAL: AGOSTO DE 2016 A AGOSTO DE 2017.	51
GRÁFICO 5 - QUANTIDADE DE PEÇAS POR GAMA DE ESPESSURA. ESPAÇO TEMPORAL: AGOSTO DE 2016 A AGOSTO DE 2017.	51
GRÁFICO 6 - OPERAÇÕES <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (ANTES).	57
GRÁFICO 7 - FASES <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (ANTES).	58
GRÁFICO 8 - TEMPOS DE <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (ANTES): ANÁLISE GERAL.	59
GRÁFICO 9 - RÁCIOS DE OPERAÇÕES <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (ANTES): ANÁLISE GERAL.	59
GRÁFICO 10 - OPERAÇÕES <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (ANTES).	61
GRÁFICO 11 - FASES <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (ANTES).	61
GRÁFICO 12 - RÁCIOS DE OPERAÇÕES <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (ANTES): ANÁLISE GERAL.	62
GRÁFICO 13 - TEMPOS DE <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (ANTES): ANÁLISE GERAL.	63
GRÁFICO 14 - BR'S 2017 MAQUINAGEM (GERAL).	66
GRÁFICO 15 - BNC'S 2017 MAQUINAGEM (GERAL).	67
GRÁFICO 16 - BNC'S 2017 MAQUINAGEM (CAUSA).	67
GRÁFICO 17 - BR'S 2017 MAQUINAGEM (CAUSA).	68
GRÁFICO 18 - OPERAÇÕES <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (DEPOIS).	75
GRÁFICO 19 - FASES <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (DEPOIS).	75
GRÁFICO 20 - TEMPOS DE <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (DEPOIS): ANÁLISE GERAL.	76
GRÁFICO 21 - RÁCIO DE OPERAÇÕES <i>SETUP</i> FRESADORA DROOP REIN (DEPOIS): ANÁLISE GERAL.	76
GRÁFICO 22 - MELHORIAS <i>SMED</i> MAQUINAGEM FRESADORA VERTICAL.	77
GRÁFICO 23 - OPERAÇÕES <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (DEPOIS).	79
GRÁFICO 24 - FASES <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (DEPOIS).	79
GRÁFICO 25 - RÁCIOS DE OPERAÇÕES <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (DEPOIS): ANÁLISE GERAL.	80
GRÁFICO 26 - TEMPOS DE <i>SETUP</i> FRESADORA SCHARMANN (DEPOIS): ANÁLISE GERAL.	80
GRÁFICO 27 - MELHORIAS <i>SMED</i> MAQUINAGEM FRESADORA HORIZONTAL.	81
GRÁFICO 28 - BR'S 2018 MAQUINAGEM (GERAL).	91
GRÁFICO 29 - BNC'S 2018 MAQUINAGEM (GERAL).	91
GRÁFICO 30 - BR'S 2018 MAQUINAGEM (CAUSA).	92
GRÁFICO 31 - BNC'S 2018 MAQUINAGEM (CAUSA).	92

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	27
1.1	ENQUADRAMENTO DO TRABALHO	27
1.2	OBJETIVOS DO TRABALHO	27
1.3	METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO	28
1.4	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA RAMADA AÇOS, S.A.	29
1.5	CONTEÚDO E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	30
2	REVISÃO DA LITERATURA	35
2.1	ANÁLISE E MELHORIA DE PROCESSOS PRODUTIVOS	35
2.2	KAIZEN	38
2.3	LEAN MANUFACTURING	38
2.3.1	TPS: <i>TOYOTA PRODUCTION SYSTEM</i>	39
2.3.2	PRINCÍPIOS <i>LEAN</i>	40
2.3.3	FONTES DE DESPERDÍCIO	41
2.3.4	FERRAMENTAS <i>LEAN</i>	42
3	ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO DE MAQUINAGEM	47
3.1	ANÁLISE e MAPEAMENTO DO PROCESSO EM ESTUDO	47
3.1.1	PROCESSO DE MAQUINAGEM	47
3.1.2	SUB-PROCESSO EXECUÇÃO	49
3.2	SELEÇÃO DE PRODUTOS	50
3.3	IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS	52
3.3.1	BAIXOS TEMPOS DE PRODUTIVOS / TAXAS DE FABRICO	52
3.3.2	GAMAS OPERATÓRIAS INDEFINIDAS/INCORRETAS	63
3.3.3	TEMPOS DE FABRICO INADEQUADOS/NÃO FIÁVEIS	65
3.3.4	OCORRÊNCIA SIGNIFICATIVA DE NC INTERNAS/EXTERNAS	66
3.4	PROPOSTAS DE MELHORIA	68
3.4.1	BAIXOS TEMPOS PRODUTIVOS	69
3.4.2	GAMAS OPERATÓRIAS INDEFINIDAS/INCORRETAS	85
3.4.3	TEMPOS TEÓRICOS DE FABRICO INADEQUADOS/NÃO FIÁVEIS	86

3.4.4	OCORRÊNCIA SIGNIFICATIVA DE NC INTERNAS/EXTERNAS	90
3.5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	94
4	CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO	101
4.1	PRINCIPAIS CONTRIBUTOS DO TRABALHO	101
4.2	CONCLUSÕES	101
4.3	CONTRIBUTOS CIENTÍFICOS	102
4.4	TRABALHO FUTURO	102
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	105
ANEXOS		113
	ANEXO 1: FÓRMULAS DE CÁLCULO DE TEMPOS DE MAQUINAGEM	113

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO DO TRABALHO

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.3 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

1.4 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA RAMADA AÇOS, S.A.

1.5 CONTEÚDO E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

No presente capítulo pretende-se executar uma primeira abordagem ao tema “Análise e melhoria do processo de Maquinagem numa empresa industrial”, apresentando primeiramente o enquadramento do tema, principais objetivos, metodologia aplicada na investigação dos temas relacionados e a própria organização do trabalho realizado.

1.1 ENQUADRAMENTO DO TRABALHO

A abertura dos mercados, o desenvolvimento exponencial de recursos informáticos e tecnológicos e a própria formação de todos os envolvidos, transformaram-se em competitividade para as organizações.

A necessidade de se tornar melhor todos os dias é algo que faz parte da própria natureza das empresas e a competitividade no meio empresarial está a aumentar de forma assustadora (Hornburg, Will & Gargioni, 2007).

Dentro deste panorama, surge a necessidade de realizar melhorias e otimizações de processos de forma contínua e sustentável.

A dissertação apresentada, desenvolvida no âmbito da dissertação do Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica - Ramo Gestão Industrial, em contexto industrial na empresa Ramada Aços, S.A., durante o período compreendido entre Janeiro e Julho de 2018, visa colmatar essa mesma necessidade, isto é, desenvolver hipóteses e oportunidades de melhoria em processos produtivos que se transformem em ganhos para a organização.

Segundo (Deighton, 2016), a melhoria contínua é imperativa em qualquer operação sustentável. Também para (Mo & Sinha, 2015) a melhoria contínua é a chave para manter um sistema de engenharia sustentável, tanto em termos de confiança quanto de continuidade de uso. Ainda para estes, é necessário fortalecer a ligação entre a empresa de suporte e o próprio sistema de engenharia, de modo a que um processo de melhoria contínua possa ser entrelaçado entre os ciclos de vida dos dois sistemas.

O presente trabalho decorreu através de uma análise inicial de dados produtivos e problemas associados, posterior mapeamento dos processos, passando pela idealização e validação de oportunidades de melhoria até a sua implementação final.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Sendo o principal intuito do presente trabalho a melhoria do processo produtivo do sector Maquinagem na empresa Ramada Aços, S.A., pretende-se assim:

- Aumentar produtividade
- Reduzir desperdícios

Para que tal fosse possível, existiu a necessidade de realizar:

- Mapeamento dos processos;
- Atualização de gamas operatórias;
- Definição de novos tempos de fabrico *standard*;
- Adoção de ferramentas *Lean Manufacturing* de apoio à Produção;
- Implementação e análise das melhorias implementadas.

1.3 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Para a composição do presente trabalho foi adotada a metodologia de investigação denominada *Action-Research*, I-A, (Investigação Ação), que tem como finalidade a transformação dos membros envolvidos em investigadores, através do aprender fazendo (Coutinho *et al.*, 2009), isto é, realizar “uma intervenção na prática profissional com a intenção de proporcionar uma melhoria” (Lomax, 1990).

Fazer Investigação Ação implica planejar, atuar, observar e refletir mais cuidadosamente do que aquilo que se faz no dia-a-dia, no sentido de induzir melhorias nas práticas e um melhor conhecimento dos práticos acerca das suas práticas (Zuber-Skerrit, 1996).

Segundo (Susman & Evered, 1978), é necessário considerar cinco fases para uma definição abrangente de Investigação Ação. Contudo, os projetos de Investigação Ação podem diferir no número de fases que são realizados em colaboração entre o pesquisador da ação e o sistema do cliente. De acordo com a figura 1, é possível identificar e definir as etapas de Investigação Ação.

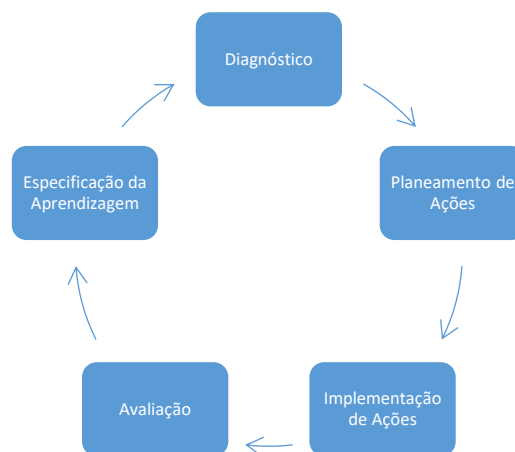


Figura 1 - O Processo cíclico de Action-Research (segundo Susman & Evered, 1978).

- I. Diagnóstico: Identificar ou definir o problema
- II. Planeamento de ações: Considerar formas diferentes de ações para resolver o problema
- III. Implementação de ações: Selecionar formas de ação
- IV. Avaliação: Estudar as consequências da ação
- V. Especificação da aprendizagem: Identificar descobertas gerais

Neste sentido, primeiramente foi realizada uma análise, seleção e mapeamento dos processos a analisar, recorrendo a diagramas de *Pareto*, fluxogramas e VSM (*Value Stream Mapping*).

Foi realizada em paralelo a revisão bibliográfica, abrangendo filosofia *Lean* e suas relações com Produção Industrial, recorrendo a fontes primárias como dissertações, secundárias como livros e artigos e terciárias como ferramentas de pesquisa *online*.

À *posteriori*, foram definidas propostas de melhoria explanadas em forma de plano de ações e seguidamente implementadas.

Finalmente os resultados foram analisados e foram definidas ações futuras e respetivas conclusões.

1.4 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA RAMADA AÇOS, S.A.

O sector metalúrgico e metalomecânico incluindo indústria de máquinas e equipamentos, produtos metálicos (embalagens, reservatórios, etc.), cutelarias e louças metálicas, equipamentos de transporte e reciclagem de lixo metálico, metalurgia de base, peças técnicas de alto valor acrescentado, entre outras, acumula características muito particulares, uma vez que grande parte das atividades que o compõe, produzem bens de suporte à produção dos demais sectores, isto é, bens intermédios e bens de capital, e/ou bens duradouros para consumo final.

Posto isto, pela sua natureza, ocupa uma posição central no crescimento das economias modernas, dado o seu papel no desenvolvimento e difusão de novas tecnologias.

Esta diversidade de produtos, serviços e competências, juntamente com o efeito alavanca com os setores primário e terciário da economia, coloca o sector metalúrgico e metalomecânico numa posição central na economia industrial portuguesa, representando 14% do PIB (Produto Interno Bruto) e cerca de 30% das exportações em Portugal (Mateus *et al.*, 2016).

A indústria automóvel é um sector verdadeiramente estratégico para Portugal. Esta afirmação, que é consensual, não se baseia apenas no valor das exportações de veículos automóveis e respetivos componentes e no seu peso no conjunto das exportações, mas está também relacionada com o facto de existir um verdadeiro *cluster* formado pelos diversos sectores da indústria transformadora, que reúne desde empresas do sector metalúrgico e dos moldes, passando pelo fabrico de pneus e outros componentes em borracha e plástico, até aos têxteis, vidros e eletrónica (Ascensão, 2017).

A Ramada Aços, S.A., empresa inserida no setor referido, foi fundada em Ovar em 1935 por Francisco Ramada, sendo atualmente distribuidor de aços especiais, de ferramentas de corte, fabricante de ferramentas manuais e de ferramentas para a indústria, fornecedor de aços estirados, de serviço de corte por fita de serra, de serviço de Oxicorte, de serviço de corte Plasma, de serviço de Maquinagem galgamento e Maquinagem avançada, de serviço de Tratamento Térmico e de serviço de análises laboratoriais e ensaios de materiais e componentes.

Com cerca de 300 trabalhadores, área de 110.000 m² como ilustra a figura 2, 12.500 artigos, 3.500 clientes, 5 filiais, cotada na bolsa e integrante do índice *PSI-20* com faturação na ordem dos 60 M€, é uma organização líder de mercado a nível nacional e com negócios em países como Espanha, França, Marrocos, Reino Unido e Alemanha.



Figura 2 - Implantação Sede (Ovar) Ramada Aços, S.A. (Ramada Aços, S.A., 2014).

Conforme demonstra a figura 3, existe uma ampla gama de oferta de produtos e serviços, podendo mesmo ser considerada a mais completa do mercado nacional, mantendo um crescimento sólido e sustentável, aliando tradição e inovação, com o intuito de satisfazer totalmente os clientes, reforçando o *slogan*: “One Stop Shop”.

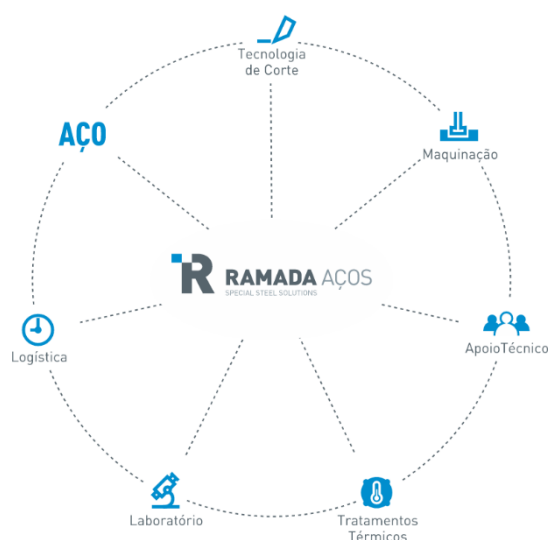


Figura 3 – Roda dos serviços da empresa Ramada Aços, S.A. (Ramada Aços, S.A., 2014).

1.5 CONTEÚDO E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho encontra-se dividido em 5 capítulos.

O primeiro dos quais apresenta o enquadramento do tema, objetivos, metodologia de investigação e apresentação da empresa, servindo de “Introdução” ao trabalho.

No segundo capítulo é feita a exposição da “Revisão da Literatura” realizada, abordando conceitos práticos e teóricos que sustentam o trabalho desenvolvido.

O terceiro capítulo trata a “Análise e Melhoria do Processo de Maquinagem” propriamente dito, onde são realizadas análises aprofundadas de processos e procedimentos, identificando e quantificando possíveis melhorias e posteriormente, implementação e quantificação de propostas de melhoria decorrentes.

No quarto capítulo são apresentadas “Conclusões e Trabalho Futuro”, avaliando o trabalho desenvolvido e propondo futuras tarefas, isto é, considerações finais do autor.

O quinto capítulo, “Bibliografia e Outras Fontes de Informação” apresenta artigos, publicações e outras fontes de informação, utilizadas na realização da dissertação.

No final são apresentados os respectivos anexos.

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ANÁLISE E MELHORIA DE PROCESSOS PRODUTIVOS

2.2 KAIZEN

2.3 LEAN MANUFACTURING

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta secção pretende-se explicar a pesquisa relacionada com a revisão bibliográfica dos temas abarcados na dissertação, mais concretamente na melhoria contínua e toda a filosofia *Lean*, desde os seus pilares às suas ferramentas.

2.1 ANÁLISE E MELHORIA DE PROCESSOS PRODUTIVOS

Serão apresentados na tabela 1 trabalhos e respetivas referências que ilustrem casos reais de análise e melhoria de processos produtivos em que foram aplicadas ferramentas de auxílio à implementação *Lean*.

Tabela 1 – Análise e melhoria de processos produtivos.

Referências Bibliográficas	Descrição
Koptak, Džubáková, Vasiliene-Vasiliauskienė & Vasiliauskas (2017)	Neste trabalho, os autores realizaram um estudo de métodos e tempos com o intuito de reduzir os tempos de entrega e melhorar a eficiência na área da logística e cadeia de abastecimento. Ficou demonstrado que num dia normal de produção com 220 carros, a poupança de tempo por dia seria de 114,4 minutos e de 57 horas por mês.
Sharma & Gandhi (2017)	Os autores realizaram um estudo para entender o impacto da implementação dos princípios e das ferramentas <i>Lean</i> na indústria de construção de navios. Chegaram à conclusão que o VSM (<i>Value Stream Mapping</i>) e o trabalho padrão, melhoraram a produtividade em 45% na generalidade das empresas envolvidas neste estudo.
Randhawa & Ahuja (2017)	Os autores provaram como os 5'S são uma ferramenta de melhoria de qualidade para a obtenção de <i>performance</i> constante. Concluíram que os 5'S levam ao envolvimento dos colaboradores e da organização como um todo, melhorando o trabalho de equipa, a produção, a qualidade, o fluxo, a segurança e a manutenção. Ficou também claro que os 5'S funcionam como base para a integração de outras ferramentas <i>Lean</i> como o <i>TPM</i> e <i>Kanban</i> .
Hambach, Müller & Metternich (2017)	Os autores afirmam que a melhoria contínua ajuda a desenvolver processos baseados em padrões existentes e que o <i>coach</i> é um elemento chave nesta rede. Para isso, foram analisados 77 fatores de sucesso de 14 autores e grupos de pesquisa e foi criada uma ferramenta de medição de sucesso, liderança e melhores práticas no <i>coaching</i> . A medição em si é executada com a ajuda de uma avaliação de competência dos gerentes e <i>key users</i> . Ao comparar as competências relacionadas com <i>coaching</i> antes e depois de atividades contínuas de melhoria, o sucesso do <i>coach</i> pode, consequentemente, ser medido.

Pierre & Martins (2016)	Neste artigo foram avaliadas as melhorias alcançadas por meio da aplicação da metodologia <i>Kaizen</i> numa empresa de maquinagem. Os resultados obtidos como performance de entrega, melhoria dos índices de qualidade, <i>lead time</i> , redução de movimentação desnecessária e horas extras indicaram que a iniciativa em aplicar esta metodologia contribuiu no aprimoramento e tornou mais abrangente e efetivo o processo de MC.
Arunagiri & Gnanavelbabu (2014)	Os autores identificaram o impacto das ferramentas <i>Lean</i> no setor automóvel usando o método da média ponderada. Foram utilizadas mais de 30 ferramentas em ambiente produtivo e os resultados mostraram que 5 dessas ferramentas são as que criam mais impacto quando utilizadas, nomeadamente: <i>5'S</i> , <i>OEE</i> , 8 passos para a resolução de problemas, diagrama de <i>Pareto</i> e 7 tipos de desperdícios.
Helleno, Moraes, Ferro, Oliveira & Simon (2014)	Os resultados deste estudo mostraram que a integração das ferramentas de Simulação de Produção e <i>VSM</i> permitem desenvolver um modelo virtual de produção que além de representar o fluxo real da produção é capaz de fornecer cenários de otimização das operações da produção.
Rahani & Al-Ashraf (2012)	Os autores descrevem um caso em que os princípios <i>Lean</i> foram aplicados numa empresa que labora para o setor automóvel. Explanam que o <i>VSM</i> é uma das principais ferramentas usadas para identificar as oportunidades de melhoria e o contraste entre o antes e o depois das iniciativas <i>Lean</i> e em determinar potenciais benefícios, como a redução do <i>lead time</i> de produção e menor trabalho em processo de inventário. Este artigo demonstra que a aplicação do <i>VSM</i> e consequentes intervenções melhoram e reduzem, neste caso específico, 14,17% de tempo de máquina e 16,9% de tempo de homem.
Lyons, Vidamour, Jain & Sutherland (2011)	A pesquisa descrita neste artigo propõe-se a determinar até que ponto o pensamento <i>Lean</i> está a ser adotado como uma filosofia de fabrico pelas indústrias de processo. Foram estudados setenta e nove fluxos de produtos da indústria de processo em 62 locais diferentes. As descobertas demonstram que as práticas <i>Lean</i> associadas à eliminação de desperdícios são consistentemente usadas para melhorar o desempenho da produção em toda a taxonomia das indústrias de processo. Além disso, são fornecidas explicações sobre a adequação desta metodologia em diferentes tipos de indústria e até que ponto dependem das características dos sistemas de transformação.
Alves, Dinis-Carvalho, Sousa, Moreira & Lima (2011)	Este trabalho apresenta um conjunto de projetos <i>Lean</i> industriais que decorreram ao longo de uma década no Norte de Portugal. O estudo analisa um total de quarenta e um projetos e revela um claro crescimento no número de projetos <i>Lean</i> e dá algumas evidências de consciência e importância <i>Lean</i> para as empresas. As ferramentas usadas foram listadas e as aplicadas com mais frequência foram identificadas. Entre muitos outros, os benefícios resultantes foram de 27% de poupança de tempo de <i>setup</i> numa empresa com a aplicação do <i>JIT</i> , de 40% em outro setor da mesma empresa com a aplicação de <i>SMED</i> e <i>5S</i> , de 30% de aumento de produtividade em outra empresa com a utilização do <i>standard work</i> e 36% de redução do <i>WIP</i> .

Moreira & Pais (2011)	Este trabalho apresenta um estudo de caso com uma visão baseada em processos. A principal conclusão é que, ao implementar as técnicas SMED, a empresa conseguiu eliminar desperdício e atividades que não agregam valor que representam cerca de 2% do volume de vendas da empresa.
Fogliatto & Fagundes (2003)	Neste trabalho foi demonstrado que a aplicação de <i>SMED</i> na indústria dos móveis contribuiu para uma diminuição de 83% no tempo de <i>setup</i> da operação estudada e consequente redução do tamanho do lote em fabrico do produto em análise.
Attadia & Martins (2003)	Neste artigo os autores apresentaram um modelo de estruturação da medição de desempenho que contribua para a melhoria contínua de processos. Em cada estágio de melhoria devem ser tidos em conta finalidade, características e vários recortes da medição de desempenho.
Kmita (2003)	O autor avaliou as condições de trabalho de colaboradores de uma empresa de Maquinagem e montagem de tratores e posteriormente foram aplicadas melhorias.
Al-Sudairi, Diekmann, Songer & Brown (1999)	O artigo relata resultados de um estudo para avaliar a aplicação de princípios <i>Lean</i> na construção usando simulação computacional. Em todos os casos, os princípios simulados melhoraram o desempenho do projeto. O desempenho melhorou drasticamente quando todos os princípios foram aplicados simultaneamente. A eliminação de desperdícios, por exemplo, permitiu melhorias no tempo de ciclo de 9,79% e melhorias de produtividade na ordem de 9,17%.
Lieberman & Demeester (1999)	Os autores referem a existência de uma ligação entre o <i>stock</i> de um processo e a produtividade do mesmo. Tal conexão foi descrita em numerosos estudos de caso, mas nunca testada estatisticamente. Este artigo usa dados históricos de 52 empresas japonesas do setor automóvel para avaliar a relação <i>stock</i> produtividade. Descobriram que as empresas aumentaram o nível de produtividade durante períodos de redução substancial de <i>stock</i> . Testes mais detalhados sugerem que essas reduções estimularam os seguintes ganhos de produtividade: Em média, cada redução de 10% no <i>stock</i> levou a um ganho de 1% na produtividade do trabalho, com um desfasamento de cerca de um ano. Essas descobertas indicam que a redução de <i>stock</i> serviu como um importante orientador de melhoria de processo para muitas empresas do setor automóvel japonesas, embora algumas empresas enfatizassem outros métodos.

2.2 KAIZEN

Como representado na figura 4, *Kaizen* é uma palavra japonesa que significa “Mudar para Melhor”, ou seja, é a prática da melhoria contínua, sendo uma jornada e não um destino, uma mentalidade em vez de ser uma ferramenta específica. Foi originalmente introduzido no ocidente por Masaaki Imai com a obra *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success* (Imai, 1986), sendo hoje reconhecido em todo o mundo como um importante pilar da estratégia competitiva de longo prazo para as organizações.

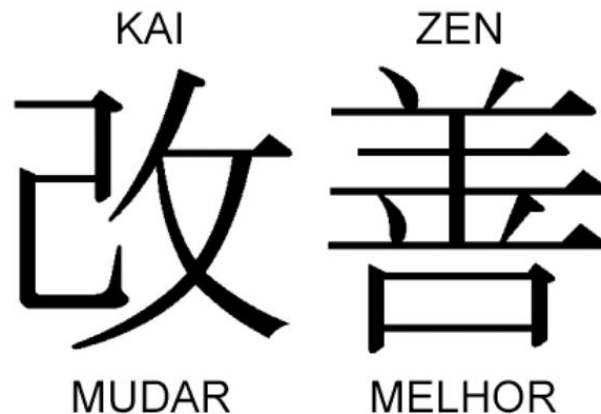


Figura 4 – *Kaizen*: Mudar para Melhor (Fonte: CRW Consultoria).

Para (Kiran, 2017) é uma filosofia ou prática japonesa que se concentra na melhoria contínua dos processos de fabrico, engenharia, serviços ou qualquer gestão de negócios. De facto, esses princípios são bem defendidos e praticados por engenheiros industriais em todo o mundo desde o século XIX e o princípio da criatividade pode ser comparado ao *Kaizen*. Neste sentido, são definidos 7 princípios fundamentais desta filosofia:

1. Adotar bons processos leva a bons resultados;
2. Verificar diretamente a fonte do problema para compreender a situação;
3. Falar apoiado em dados e gerir com base em factos;
4. Tomar medidas para combater as causas dos problemas;
5. Trabalhar em equipa;
6. Responsabilizar todos os colaboradores da empresa pelo *Kaizen*;
7. Produzir grandes resultados através de pequenas alterações acumuladas ao longo do tempo.

2.3 LEAN MANUFACTURING

Enquanto *Kaizen* pode ser definido como uma mentalidade ou uma filosofia, *Lean* deve ser encarado como uma forma de aplicação prática dessa filosofia através de ferramentas próprias.

Durante a década de 80 do século passado, investigadores do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) realizaram um aprofundado trabalho acerca de organizações do setor automóvel localizados na Europa, Estados Unidos, Japão e Coreia do Sul, sendo posteriormente publicada uma obra denominada *The Machine that Changed the World*

(Womack, Jones & Ross, 1990) por James Womack, Daniel Jones e Daniel Ross. Ficou demonstrado nessa obra que, principalmente nas organizações asiáticas, eram aplicadas práticas de gestão, relações com *stakeholders* e eficácia nos sistemas produtivos que as levariam a ser melhores e mais competitivas.

2.3.1 TPS: TOYOTA PRODUCTION SYSTEM

Mais concretamente a Toyota, foi a organização que demonstrou possuir técnicas e modelos de gestão e de produção mais eficazes [denominado TPS (*Toyota Production System*)], e a sistematização dessas práticas, com foco integrado nos ciclos da produção e do consumo, e tendo o produto como elo, foi denominado *Lean Manufacturing*: termo inicialmente utilizado por John Krafcik, investigador do *International Motor Vehicle Program* (Rodrigues, 2016).

Para (Sugimori, Kusunoki, Cho & Uchikawa, 1977) existem dois conceitos básicos a seguir:

- Primeiro de tudo, reduzir custos através da eliminação de desperdícios, envolvendo a criação de um sistema e assumindo que algo que seja diferente do valor dos equipamentos, materiais, peças e trabalhadores (tempo de trabalho), que são essenciais para a produção, são apenas um excedente provocando aumento do custo.
- Em relação ao segundo conceito: alto grau de habilidade, e ambiente de trabalho favorecido, fazendo uso total das capacidades dos trabalhadores. Em suma, tratam os trabalhadores como seres humanos e com consideração.

Com o intuito de facilitar a compreensão de todos os conceitos envolvidos no TPS, (Cho, 2001) desenvolveu uma representação gráfica desta ideologia, de acordo com a figura 5, em forma de casa.



Figura 5 - Casa TPS. Adaptado de (Cho, 2001).

Existem dois pilares no TPS, segundo (Ohno, 1988): JIT (*Just-in-time*) e *Jidoka*. Para (Hutchins, 1999), JIT é o termo utilizado para indicar que um processo é capaz de responder imediatamente à procura sem necessidade de recorrer a stock extra enquanto que para (Baudin, 2007) *Jidoka* é usado para descrever técnicas que separam atividade humana do ciclo das máquinas, permitindo assim que cada operador possa interagir com diferentes máquinas, preferencialmente de diferentes tipos que funcionem em sequência, em que o *output* de uma máquina seja o *input* da seguinte, isto é, automação com “um toque” humano.

2.3.2 PRINCÍPIOS *LEAN*

Lean significa magro: magro no sentido de não conter desperdícios (gorduras) ou *Muda* em japonês, isto é, fazer mais com menos. Pode ser novamente sublinhado que *Lean* é uma aplicação prática de uma “filosofia”: *Kaizen*. Em 1996 no livro *Lean Thinking* (Womack & Jones, 1996), desta feita apenas James Womack e Daniel Jones definiram 5 princípios do pensamento *Lean*, descritos na tabela 2.

Tabela 2 - Princípios *Lean Manufacturing*.

Princípio	Caracterização
Valor	No sistema <i>Lean</i> , valor é o princípio inicial e que norteia todos os outros. Valor de um produto é o que atende plenamente a necessidades, expectativas, e desejos do cliente final. Valor é definido pelo cliente e deve ser criado pela organização. O cliente só está disposto a pagar por aquilo que considera e entende por valor (Rodrigues, 2016).
Cadeia de Valor	Cadeia de valor é composta por todas as etapas e ações necessárias ao atendimento pleno do valor do cliente por meio da conceção do bem ou da realização do serviço, ou de uma composição dos dois. Assim, é formada por todas as organizações que participam no processo para a satisfação do cliente final: fornecedores, organização foco, distribuidores, entre outros (Rodrigues, 2016).
Fluxo da Cadeia de Valor	O conceito de fluxo é fundamental dentro da filosofia do <i>Lean Thinking</i> , estando relacionado com o ideal de realizar todas as atividades que agregam valor numa sequência ininterrupta, eliminando desperdícios e reduzindo o <i>lead time</i> , ou seja, o tempo total de realização do produto ou serviço (Womack & Jones, 1996).
Produção Puxada (<i>Pull</i>)	É um sistema de produção em cascata e de entrega de informações de montante para jusante, na qual nada é produzido pelo fornecedor interno a jusante enquanto o cliente interno a montante não der o sinal (Weigel, 2000).
Perfeição	Busca pela melhoria contínua dos processos, produtos, pessoas, etc. com o objetivo de agregar valor. Para (Womack & Jones, 1996) não existe um fim para a busca de soluções de redução de esforços, tempo, espaço, custos e erros.

É possível entender por outro prisma a definição desses mesmos conceitos, conforme ilustra a figura 6.



Figura 6 - Princípios *Lean Manufacturing*.

2.3.3 FONTES DE DESPERDÍCIO

Por outra perspectiva, para (Rodrigues, 2016) algo que não agrega valor a um produto ou processo, mas consome tempo ou qualquer outro recurso, é chamado de *muda*, isto é, perdas ou desperdício. Além desta, outras formas que não agregam valor através de desnivelamento ou sobrecarga nos processos foram denominados de *mura* e *muri* respectivamente. Segundo (Ohno, 1988), podemos identificar sete tipos de desperdício, dissecados na tabela 3.

Tabela 3 - Sete tipos de Desperdícios.

Desperdício	Caracterização
Sobre produção	Considerada por (Ohno, 1988) a fonte de desperdício mais nociva ao processo produtivo, ocorre quando há produção de artigos sem encomenda de cliente gerando subsequentes desperdícios como excesso de pessoas, <i>stocks</i> e transportes.
Esperas	Tempo ocioso do operador enquanto aguarda uma peça, lote ou recurso para processamento (Jorge, Miyake & Da Silva, 2011).
Transportes	Segundo (Bauch, 2004), pode ser definido como movimento excessivo de peças, matérias e produtos, movimentações para armazenamento e tirar e colocar o material/produto/peça.
Sobre processamento	Processos executados que não agregam valor na visão do cliente (Jorge, Miyake & Da Silva, 2011) Para (Liker, 2014) é um tipo de perda que ocorre quando um produto ou artigo é produzido num processo com operações desnecessárias ou com subutilização da sua capacidade produtiva.
<i>Stocks</i>	Para (Liker, 2004) consiste no excesso de matéria-prima, <i>WIP</i> e produtos finais dentro da fábrica, causando lead times mais longos, custos de transporte,

	produtos danificados e obsoletos além de contribuir para entregas atrasadas, defeitos e longos tempos de <i>setup</i> .
Movimentações	Movimentos desnecessários realizados pelos operadores, para (Sople, 2011) devem-se normalmente à falta de padronização do trabalho, mau dimensionamento dos postos de trabalho e também à falta de organização e arrumação dos mesmos.
Defeitos	Segundo (Moreno-Sanchez <i>et al.</i> , 2014), muito genericamente defeitos são definidos como produção de itens fora do especificado.

Existe ainda quem defenda a existência de um oitavo desperdício que aborda o não aproveitamento do potencial das pessoas e informação.

Segundo (Macomber & Howell, 2004), este *muda* significa deixar de utilizar talento, habilidades, capacidades, informação do desperdício, desperdícios de comportamento e não implementando boas ideias.

2.3.4 FERRAMENTAS LEAN

Considerando a redução de perdas como um grande objetivo da filosofia *Lean*, o gráfico 1 ilustra a relação entre cada um dos sete tipos de desperdício e algumas das principais ferramentas propostas para combatê-los (Buzzi & Plytiuk, 2011).

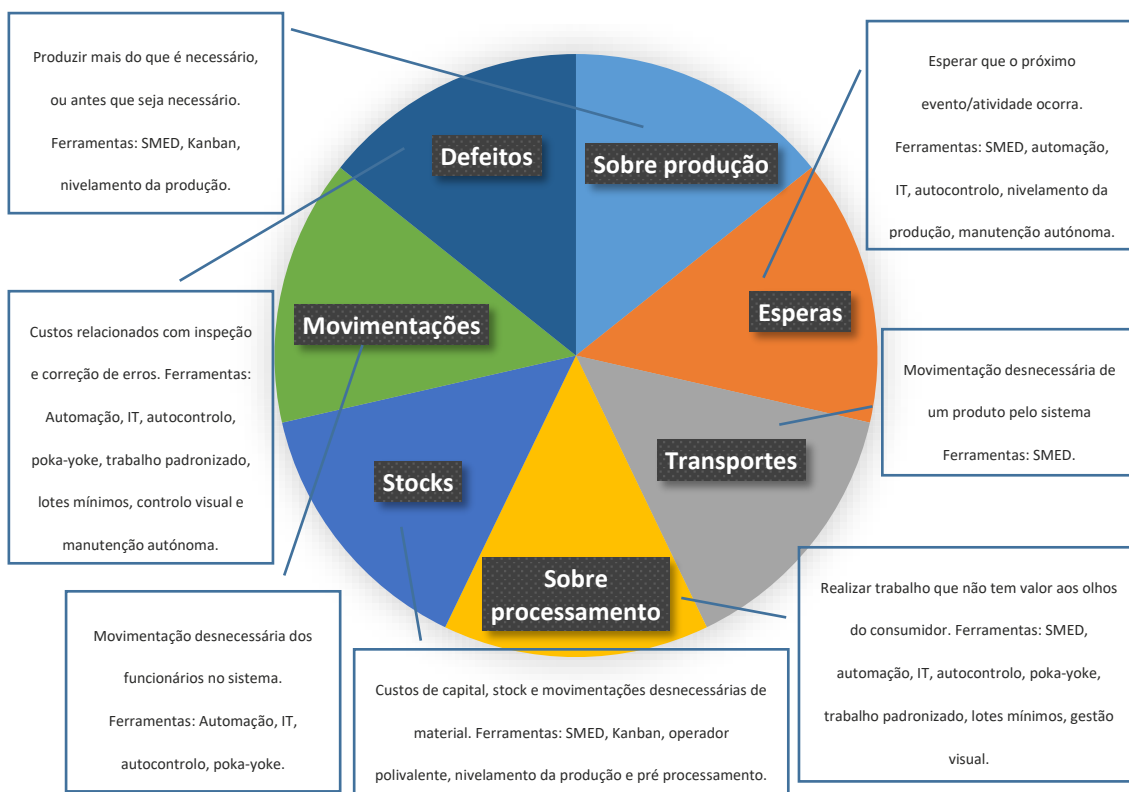


Gráfico 1 - Relação entre as perdas e ferramentas *Lean* utilizadas para combatê-las. Adaptado de (Giannini, 2007).

Outras ferramentas não mencionadas por (Giannini, 2007), mas utilizadas com frequência são, Mapa de Fluxo de Valor (VSM), 5'S e ciclo PDCA, como representado na tabela 4.

Tabela 4- Ferramentas Lean.

Ferramenta	Descrição
VSM	<p>Ferramenta capaz de representar visualmente todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação na medida em que o produto segue o fluxo de valor, ajudando na percepção do que agrega realmente valor, desde o fornecedor até ao consumidor (Rother & Shook, 1999).</p> <p>Para (Moreira, 2011), consiste no processo de identificação de todas as atividades específicas que ocorrem ao longo do fluxo de valor referente ao produto, sendo um processo de observação e compreensão do estado atual da produção e a ilustração de um mapa dos processos que se tornará na base para o <i>Lean Thinking</i>, ou seja, uma representação visual de cada processo no fluxo do material e informação real que reformulam-se um conjunto de questões chaves e desenha-se um mapa do estado futuro de como a produção deverá decorrer.</p>
5'S	<p>Ferramenta que consiste na organização e limpeza do ambiente de trabalho. Segundo (Correa & Correa, 2006), o nome 5's corresponde às iniciais das palavras japonesas representativas dos cinco passos de sua implantação: <i>Seiri</i> (Organização), <i>Seiton</i> (Ordenar), <i>Seiso</i> (Limpeza), <i>Seiketsu</i> (Padronização) e <i>Shitsuke</i> (Disciplina).</p>
PDCA	<p>Também para (Correa & Correa, 2006), refere-se ao ciclo de melhoria contínua proposto por Deming, que considera cada nova melhoria o ponto de partida para um novo aperfeiçoamento, supondo este ciclo contínuo e infinito. As iniciais significam <i>Plan, Do, Check, Act</i>, isto é, Planear, Executar, Controlar, Agir.</p>
<i>Heijunka</i>	<p>Conceito relacionado com a programação da produção. Palavra japonesa que significa programação nivelada. Em resumo, permite nivelar a carga misturando a ordem de fabrico dos produtos, facilitando a estabilidade e a standardização do trabalho, permitindo ainda produzir por ordem da procura do cliente. A prática de <i>Heijunka</i> reparte e equilibra a produção no conjunto dos meios disponíveis, em vez de submeter os meios específicos às irregularidades da procura (Moreira, 2011).</p>
SMED	<p>Para (Mota, 2007) é um método utilizado para reduzir desperdícios de produção, que permite de uma maneira rápida e eficiente alterar o produto de uma linha de produção, sendo também conhecido por QCO (<i>Quick Changeover</i>). Uma mudança de formato rápida e eficiente permite obter uma maior flexibilidade da instalação industrial, e ao mesmo tempo reduzir custos.</p>

	Segundo (Shingo, 1985) é uma abordagem científica para a redução do tempo de <i>setup</i> , que pode ser aplicada em qualquer unidade industrial e qualquer máquina.
<i>Poka-yoke</i>	Segundo (Simas, 2016), são sistemas anti erro que previnem a produção de produtos com defeito e bloqueia erros humanos previsíveis, dando garantias de um sistema consistente com produtos sem defeitos.
<i>Kanban</i>	<i>Kanban</i> “puxa” o processo de produção, em que um produto, de um processo precedente, só pode ser produzido novamente quando todos os outros produtos de processos posteriores forem produzidos (Simas, 2016).
Gestão Visual	Segundo (Eaidgah, 2016), é uma prática de visualização da informação e/ou exibição de requisitos para definir direções. Conceito criado com o intuito de destacar os problemas associados diretamente à produção num local de trabalho (Wojakowski, 2013).
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> , isto é, Manutenção Produtiva Total: Total pois todos são envolvidos com o intuito de eliminar todas as falhas; Produtiva pois as ações devem ser realizadas sem paragens na produção; Manutenção visto que está relacionado com manter meios em boas condições. (Firmino, 2002) cita que TPM deverá basear-se em desenvolver conhecimentos capazes de reeducar as pessoas para ações de prevenção e de melhoria contínua, garantindo o aumento da fiabilidade dos equipamentos e da capacidade dos processos, sem investimentos adicionais.

ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO DE MAQUINAGEM

3.1 ANÁLISE E MAPEAMENTO DO PROCESSO EM ESTUDO

3.2 SELEÇÃO DE PRODUTOS

3.3 IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS

3.4 PROPOSTAS DE MELHORIA

3.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

3 ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO DE MAQUINAGEM

3.1 ANÁLISE E MAPEAMENTO DO PROCESSO EM ESTUDO

Sendo este um trabalho que incide principalmente sobre a área do controlo e gestão da Produção, desde a entrada da MP (Matéria-prima) até à saída do PA (Produto Acabado) no setor da Maquinagem da empresa Ramada Aços, S.A., torna-se importante realizar primeiramente a sua apresentação e explicação, posteriormente seleção de produtos em análise, proposta de melhorias e finalmente a sua implementação.

3.1.1 PROCESSO DE MAQUINAGEM

Com o intuito do leitor ficar inteirado do funcionamento do processo em análise, interessa realizar pequena explicação e ilustração conforme mostrado abaixo.

Após adjudicação é realizada:

- Inserção de encomenda pelo departamento comercial;
- Seguida da impressão da Nota de Execução Interna para corte da peça;
- Planeamento de produção referente ao corte da peça.
Nota: uma vez que este setor não será abordado, esta fase não será aprofundada;
- Impressão da Ordem de Fabrico da Maquinagem;
- Após esta fase, de acordo com a carga de trabalho é feita uma análise e seleção de peças a executar em subcontratos. Esta seleção é realizada de forma manual.
Nota: Não será abordado o ramo referente ao subcontrato do serviço, já que não é relevante para este trabalho;
- Sendo decidido que a peça (ver figura 7) será executada internamente, é realizado o planeamento de produção da Maquinagem, de forma manual;



Figura 7 - Exemplo de Peça Maquinada.

- Posteriormente, a fase mais importante, a execução da Maquinagem propriamente dita;
- Após esta fase são apenas realizadas fases paralelas referentes a outros setores que não são relevantes para o trabalho.

Uma vez realizada uma primeira e geral descrição do processo em estudo, será mostrado de seguida, conforme figura 8, o fluxograma da Maquinagem.

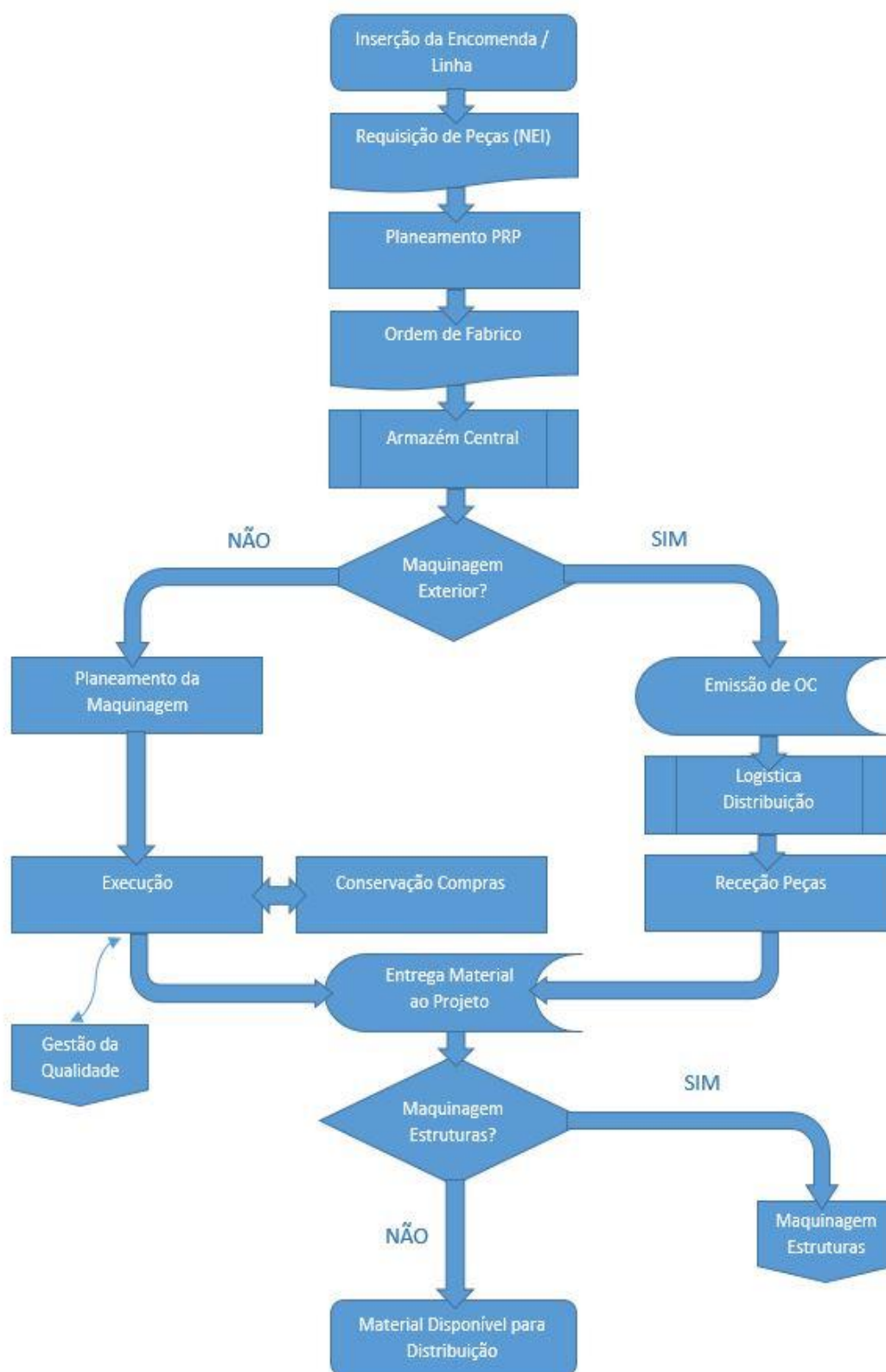


Figura 8 – Fluxograma do Processo Maquinagem.

Mostrado o processo geral, torna-se importante explicar o subprocesso execução, já que este será aquele no qual o estudo será focado e é o mais passível de melhorias com maiores ganhos a curto prazo.

3.1.2 SUB-PROCESSO EXECUÇÃO

Após entrada da MP no setor é realizada:

- Fresagem das duas faces em fresadoras verticais;
- Fresagem das quatro laterais em fresadoras horizontais;
- Chanfragem de todas as extremidades para que a peça deixe de possuir arestas cortantes;
- Caso o cliente pretenda, são executados furos roscados para colocação de olhais de movimentação. Para que não subsistam dúvidas, esses furos roscados são designados internamente também por “olhais”;
- Também caso o cliente pretenda, a peça é retificada;
- Finalmente o PA é escoado e movimentado para o respectivo parque de expedição.

Para melhor compreensão, de acordo com o fluxograma da figura 9, é apresentado o subprocesso Execução.

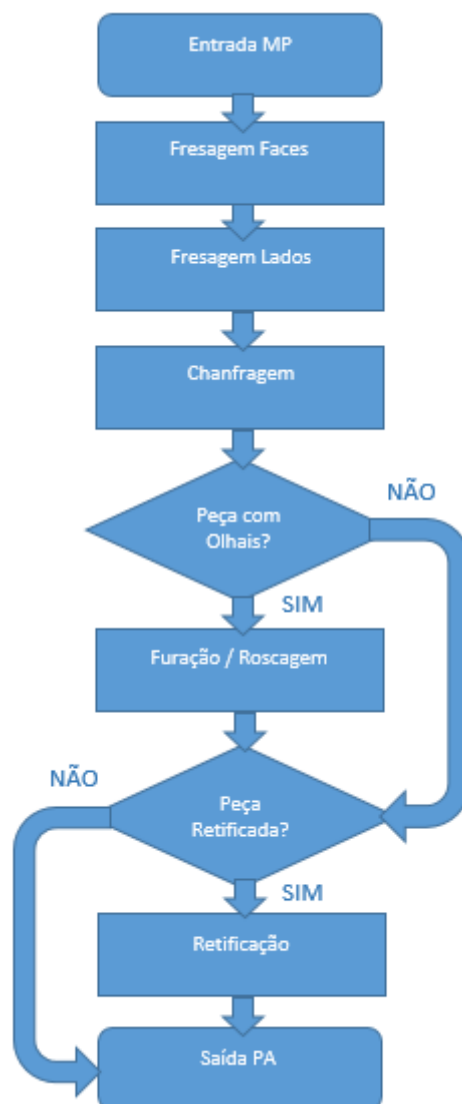


Figura 9 - Fluxograma do subprocesso Execução.

3.2 SELEÇÃO DE PRODUTOS

Para que seja possível identificar as áreas com maior impacto neste setor, será necessário realizar a contabilização dos materiais produzidos em maior quantidade, isto é, identificar todos os relacionamentos em que as melhorias poderão produzir mais frutos. Uma correta contabilização deverá ter em conta as características tipo de material, comprimento, largura e espessura. A primeira filtragem a ser realizada prende-se com o tipo de material, isto é, qualidade do aço, das peças realizadas em maior quantidade, de acordo com o gráfico 2.

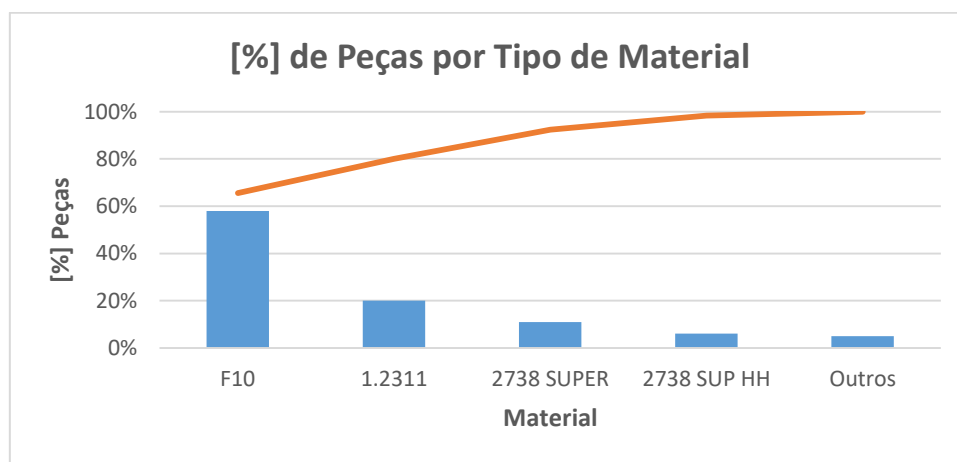


Gráfico 2 - Quantidade de peças por tipo de material. Espaço Temporal: Agosto de 2016 a Agosto de 2017.

Seguidamente, foi realizada a contabilização por gama de comprimento de peça. Conforme mostra o gráfico 3, o maior n.º de peças fabricado encontram-se no intervalo de comprimento 1200 a 2000mm

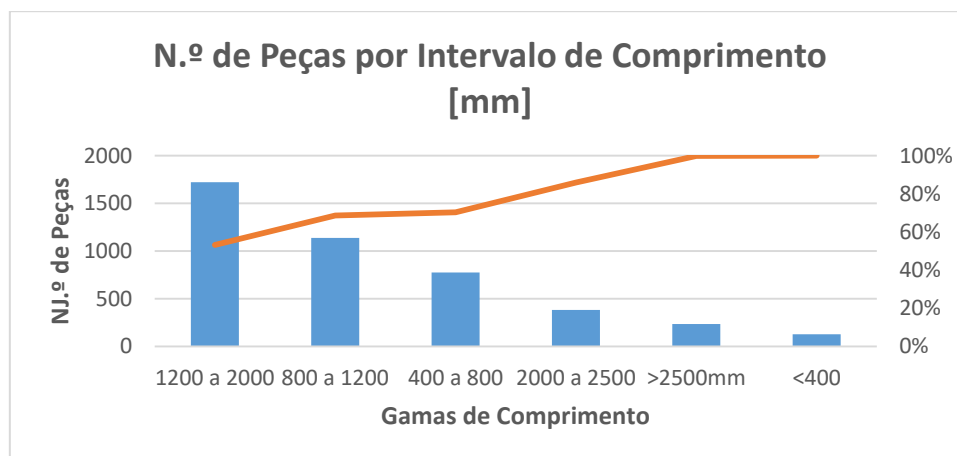


Gráfico 3 - Quantidade de peças por gama de comprimento. Espaço Temporal: Agosto de 2016 a Agosto de 2017.

Posteriormente a contabilização por gama de largura. De acordo com o gráfico 4, o maior n.º de peças fabricado encontram-se no intervalo de largura 800 a 1200mm.

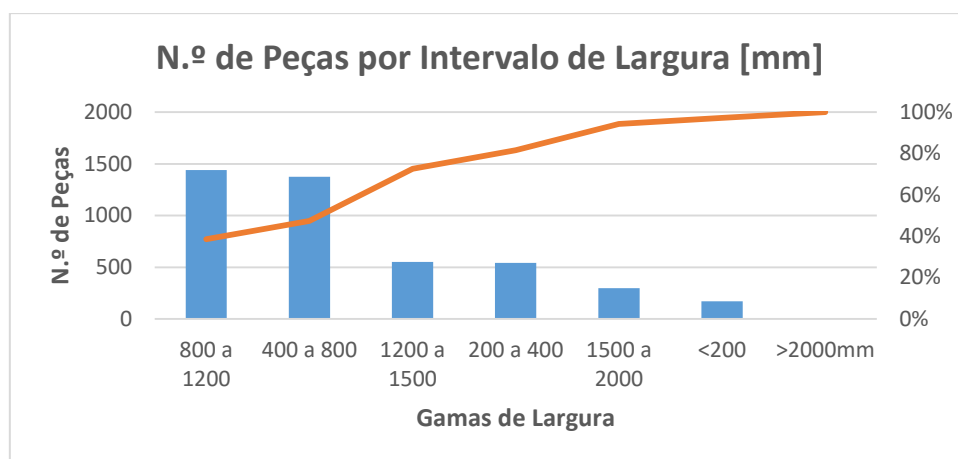


Gráfico 4 - Quantidade de peças por gama de largura. Espaço Temporal: Agosto de 2016 a Agosto de 2017.

Finalmente, ainda na sequência do referenciado anteriormente, conforme mostrado no gráfico 5, foi aferido o n.º de peças dividido em intervalos de espessura.

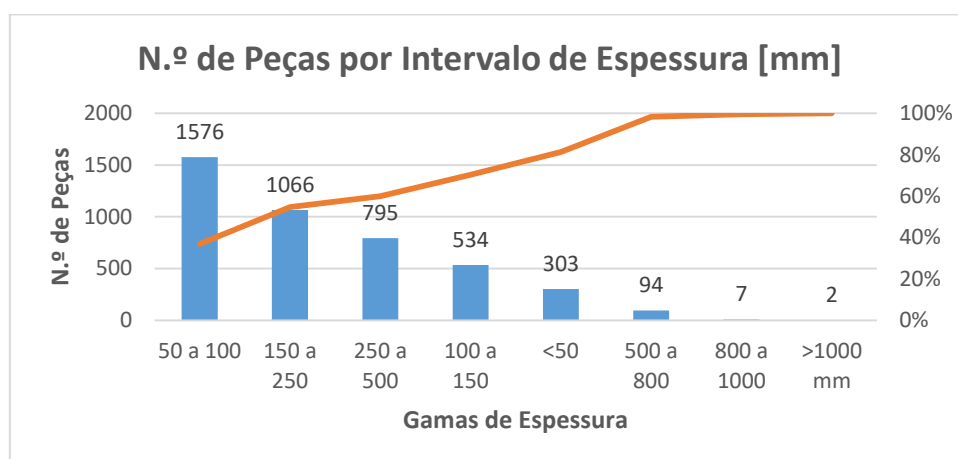


Gráfico 5 - Quantidade de peças por gama de espessura. Espaço Temporal: Agosto de 2016 a Agosto de 2017.

Através do estudo demonstrado e de acordo com a figura 10, conclui-se que a análise deve estar focada em processos, equipamentos e procedimentos relacionados com a produção de peças com as seguintes características:



Figura 10 – Seleção de produtos a analisar.

Nota: Nas análises anteriores é possível verificar que a variação da Lei de Pareto (20/80) não é perceptível. Tal facto estará relacionado com o preço do serviço não variar com o material, dureza, etc., estando apenas relacionado com a área: [€/m²]. Já que a variação da área está diretamente relacionada com as dimensões Comprimento, Largura e Espessura, a relação entre a quantidade e o custo é aproximadamente direta.

3.3 IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS

Após análise e mapeamento dos processos, de acordo com a tabela 5, foi possível identificar e escutinar os principais problemas deste setor.

Tabela 5 – Identificação dos problemas.

PROCESSO	SUBPROCESSO	PROBLEMAS IDENTIFICADOS
Maquinagem	Execução	Baixos tempos produtivos/taxas de fabrico
		Gamas operatórias indefinidas/incorrectas
		Tempos teóricos de fabrico inadequados/não fiáveis
		Ocorrência significativa de Não Conformidades (NC) internas/externas

3.3.1 BAIXOS TEMPOS PRODUTIVOS / TAXAS DE FABRICO

Sendo a taxa de fabrico um dos indicadores de maior importância do departamento produtivo, segue informação referente ao espaço temporal Junho de 2017 a Maio de 2018, sendo bem visível na tabela 6 o reduzido tempo efetivo de produção do setor.

Tabela 6 - Tempos produtivos Maquinagem.

Indicador	jun /17	jul /17	ago /17	set /17	out /17	nov /17	dez /17	jan /18	fev /18	mar /18	abr /18	mai /18
(A) Tempo Disponível [h]	8 099	8 606	8 528	7 280	8 463	8 281	5 772	6 864	6 474	7 623	7 375	8 428
(B) Tempo Avarias Esperas [h]	36	0	166	4	12	1 512	854	0	0	0	0	0
(C) Tempo Operativo [h]	8 063	8 606	8 362	7 276	8 451	6 769	4 918	6 864	6 474	7 623	7 375	8 428
(D) Disponibilidade [%]	99,6%	100,0 %	98,1%	99,9%	99,7%	81,7%	85,2%	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %
(E) Tempo Contador [h]	2 958	3 043	2 745	2 267	2 988	2 889	1 989	2 060	2 674	2 855	2 782	3 096
(F) Rendimento [%]	36,7%	35,4 %	32,8%	31,2%	35,4%	42,7%	40,4%	30,0%	41,3%	37,5%	37,7%	36,7%

Legenda: C = A-B; D = C/A; F = E/C

Não se tratando de um setor com elevado grau de automatização (recorrendo a paletização, armazéns de ferramentas, *software* de máquinas de apoio à produção e gestão de dados/ferramentas/paletes, etc.), está portanto, longe do tempo efetivo de trabalho das máquinas mais avançadas, Centros de Maquinagem, acima dos 90%.

O preço de venda deste serviço aliado à necessidade de elevada robustez e binário levam a que o investimento no parque de máquinas se foque em maquinaria pesada e usada com pequenos graus de automatização, nomeadamente, *retrofitings* de comandos e eixos e substituição de elementos de máquinas chave, para que exista rentabilidade no setor.

Posto isto, é um objetivo legítimo almejar rendimentos acima dos 60%.

Focando a análise, será apresentado o mapeamento de fluxos VSM, estado atual, que nos permite visualizar como se processam os fluxos de informação e de materiais no sistema produtivo atendendo a todo o seu ciclo produtivo (Ávila, 2010), isto é, uma análise mais focada e de maior pormenor ao processo em tratamento. Sendo o VSM o mapeamento do fluxo de valor, demonstra-se através da figura 11 que o fornecimento de MP proveniente de fornecedores é variável. Após a execução do corte, o material segue para fresagem (faces + lados), seguindo posteriormente para chanfragem, furação e retificação finalizando o seu trajeto interno na expedição. É visível que a operação mais longa é a fresagem e é aqui que as melhorias devem estar focadas.

Refinado ainda mais a análise e seguindo o raciocínio acima efetuado, ficou patente que a melhoria da operação fresagem deveria passar pela redução de tempos de *setup*, sendo esta tarefa apoiada pela ferramenta *lean SMED*. *SMED* (*Single Minute Exchange of Die*), em tradução direta em português, Mudança de Ferramenta num Minuto, é uma ferramenta da Metodologia *Lean* criada no Japão (Toyota) em 1969 por Shigeo Shingo, focada na redução de tempos de mudança e afinação, isto é, *setup*. A figura 12 retrata a sua metodologia de implementação.

Setup pode ser definido como o intervalo de tempo que medeia entre a última unidade de um lote produzido e a primeira boa unidade do próximo lote, incluindo o tempo para restabelecimento de parâmetros do próximo trabalho e o tempo para efetuar todas as afinações de máquina até se produzir uma unidade com as especificações corretas.

Por definição, o SMED deve ser realizado segundo as etapas da figura 12:

Estudo do trabalho:

Após seleção dos produtos em análise através da metodologia ABC, do mapeamento dos processos em estudo e gama operatória, foi identificada a operação com maior dispêndio de tempo: Fresagem.

Decompоста em 2 suboperações, Fresagem de Faces e Lados, foram identificadas as máquinas onde os produtos selecionados são executados:

- ✓ Fresar Faces: Fresadora *Droop Rein*;
- ✓ Fresar Lados: Fresadora *Scharmann*.

Feita essa verificação, a realização dos *setup's* foi registada em vídeo e executada a análise abaixo representada.

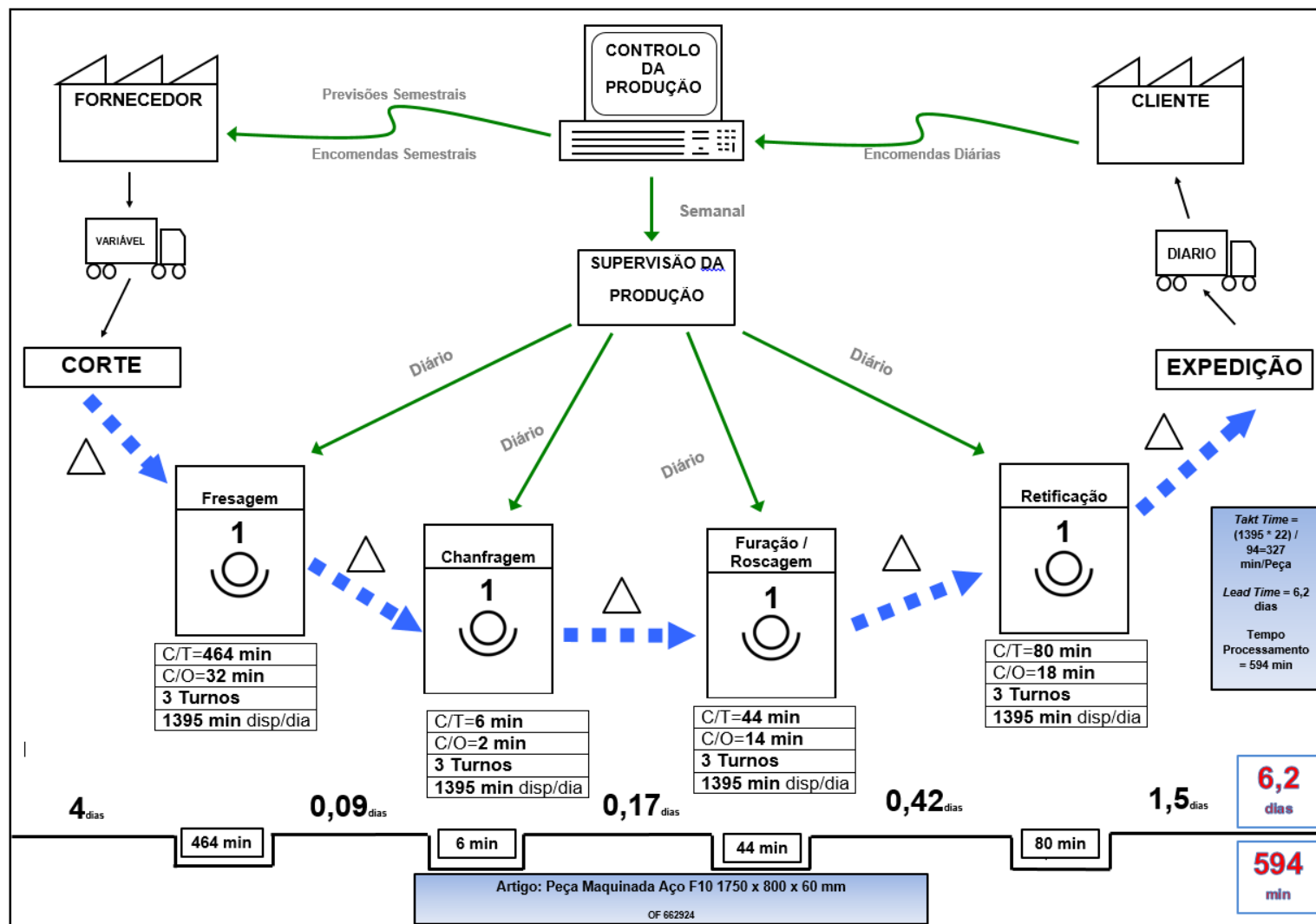


Figura 11 - VSM do Subprocesso Execução da Maquinagem (Antes).

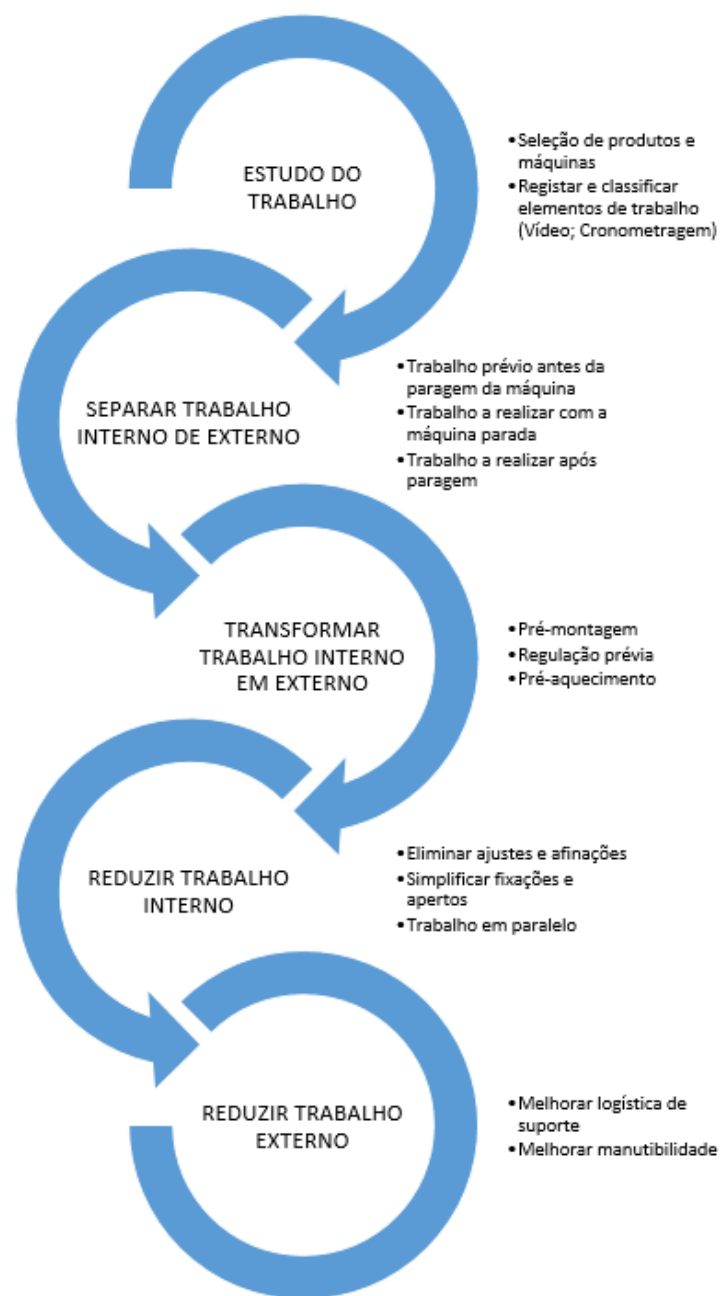


Figura 12 - Etapas SMED.

ESTADO ATUAL (ANTES)

3.3.1.1 FRESADORA (VERTICAL) DROOP REIN

Foram filmados 5 *setup's* com produtos dentro da gama de valores dos selecionados. Será mostrado a título exemplificativo apenas um, tal como demonstrado na figura 13 e a análise global.

SETUP TIPO:

Descrição de tarefa	Tempo de Tarefa	Classificação por Operação	Classificação por Fase
Indisponibilidade de Ponte Rolante	0 h 11 m 4 s	Operação desadequada	Retirar peça maquinada
Desmagnetização da Peça PA (Prato Magn.)	0 h 0 m 16 s	Ajuste e aperto	Fixação
Movimentação para Ar Comprimido	0 h 0 m 8 s	Movimento de Operador	Retirar peça maquinada
Limpeza PA com Ar Comprimido	0 h 0 m 6 s	Limpeza	Retirar peça maquinada
Movimentação para Ponte Rolante	0 h 0 m 10 s	Movimento de Operador	Retirar peça maquinada
Movimentação da Ponte Rolante PA (Out)	0 h 0 m 22 s	Transporte	Retirar peça maquinada
Magnetização + Desmagnetização da Peça PA + MP (Electroiman)	0 h 1 m 34 s	Transporte	Retirar peça maquinada
Movimentação da Ponte Rolante (In) (em Vazio)	0 h 0 m 10 s	Transporte	Colocar nova peça
Movimentação da Ponte Rolante MP (In)	0 h 0 m 50 s	Transporte	Colocar nova peça
Movimento para Vassoura	0 h 0 m 4 s	Limpeza	Prep. máquina e ferramentas
Limpeza MP com Ar Comprimido	0 h 0 m 31 s	Limpeza	Prep. máquina e ferramentas
Movimento para Vassoura	0 h 0 m 23 s	Limpeza	Colocar nova peça
Limpeza MP com Vassoura	0 h 0 m 10 s	Limpeza	Colocar nova peça
Centramento da Peça	0 h 0 m 56 s	Ajuste e aperto	Fixação
Movimentação da Ponte Rolante (Out) (em Vazio)	0 h 0 m 17 s	Transporte	Colocar nova peça
Mudança de Fresa	0 h 0 m 34 s	Mudança de Ferramenta	Prep. máquina e ferramentas
Parametrização	0 h 2 m 29 s	Programação	Parametrização

Figura 13 - Passos *setup* Fresadora Droop Rein (Antes).Tabela 7 - Tempo total *setup* Fresadora Droop Rein (Antes).

Tempo Total de <i>Setup</i>	Tempo de Op. Desadequadas
00:20:04	00:11:04

De acordo com a tabela 7, uma primeira análise demonstra que do tempo total de *setup* de cerca de 20 minutos, aproximadamente 11 deles são despendidos em operações desadequadas.

Tabela 8 - Tempo efetivo *setup* Fresadora Droop Rein (Antes).

Op. Desadequadas/T. Total de <i>Setup</i>	Tempo de <i>Setup</i> Efetivo
55%	00:09:00

Isto significa que 55% das operações são desadequadas, sendo o tempo efetivo de apenas 9 minutos, como é possível verificar na tabela 8.

Tabela 9 - Tarefa mais longa *setup* Fresadora Droop Rein (Antes).

Fases	[% Tempo]
Mais longa	Parametrização 28%

Numa outra análise (ver tabela 9), é visível que a fase mais longa é a parametrização, significando que claramente se deve atuar neste campo.

Tabela 10 - Tipo de operações *setup* Fresadora Droop Rein (Antes).

Tipo de Operações:			
Mais frequente na fase mais longa		Predominante no <i>setup</i>	
Programação	100%	Transporte	36%

Dentro da fase mais longa (parametrização), é possível descortinar na tabela 10 que o único tipo de operação é a programação, sendo também possível concluir que a operação mais predominante em todo o *setup* é o transporte (36%).

Tabela 11 - Rácios de operações *setup* Fresadora Droop Rein (Antes).

Rácios de Operações:	Tempo	%T.S.
Operação desadequada	00:11:04	
Limpeza	00:01:14	14%
Movimento de Operador	00:00:18	3%
Transporte	00:03:13	36%
Posicionamento	00:00:00	0%
Mudança de Ferramenta	00:00:34	6%
Ajuste e aperto	00:01:12	13%
Programação	00:02:29	28%
Afinação	00:00:00	0%

Conforme é bem visível na tabela 11 e como referido anteriormente, cerca de 11 minutos são despendidos em operações desadequadas e a mais predominante é do tipo transporte.

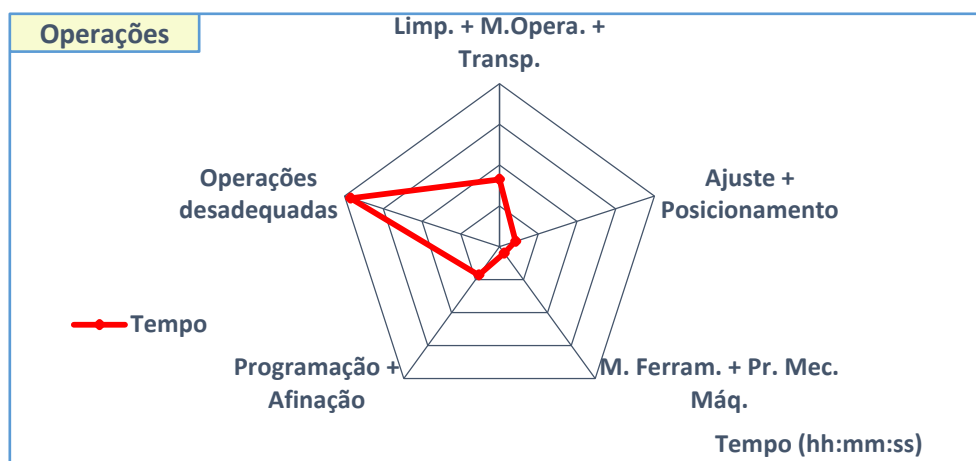
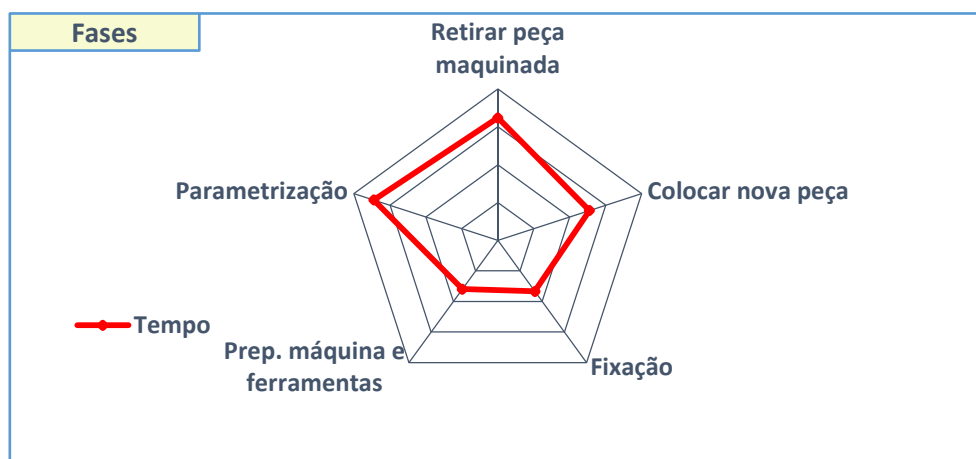


Gráfico 6 - Operações *setup* Fresadora Droop Rein (Antes).

Gráfico 7 - Fases *setup* Fresadora Droop Rein (Antes).

Os gráficos 6 e 7 mostram também o que foi evidenciado numericamente nas tabelas anteriores, ou seja, as operações são maioritariamente desadequadas e a fase predominante está relacionada com a parametrização.

ANÁLISE GERAL *SETUP*:

Tabela 12 - Tempos de *setup* Fresadora Droop Rein (Antes): Análise geral.

Tempos de <i>Setup</i>			
Tempo Médio	Tempo Máximo	Tempo Mínimo	Desvio Padrão
00:11:12	00:15:42	00:08:52	00:02:46

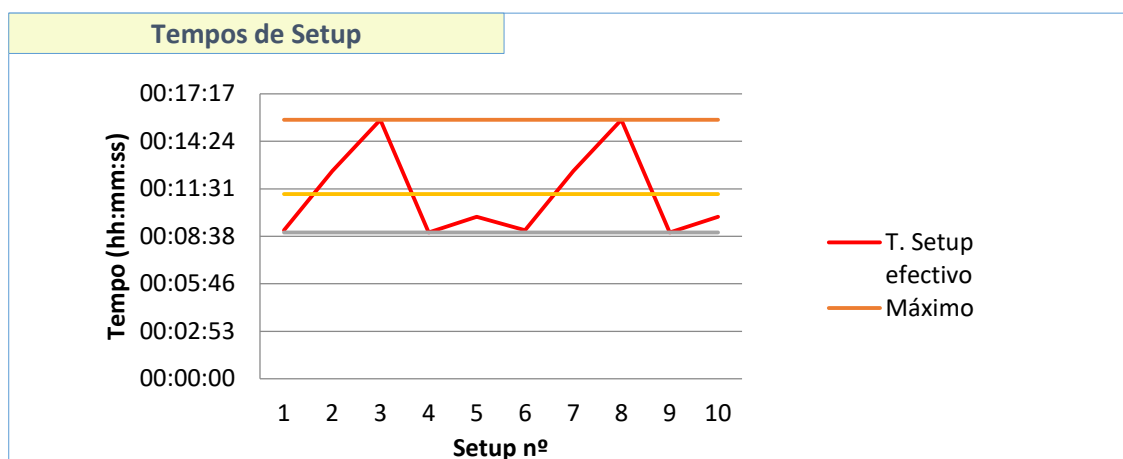
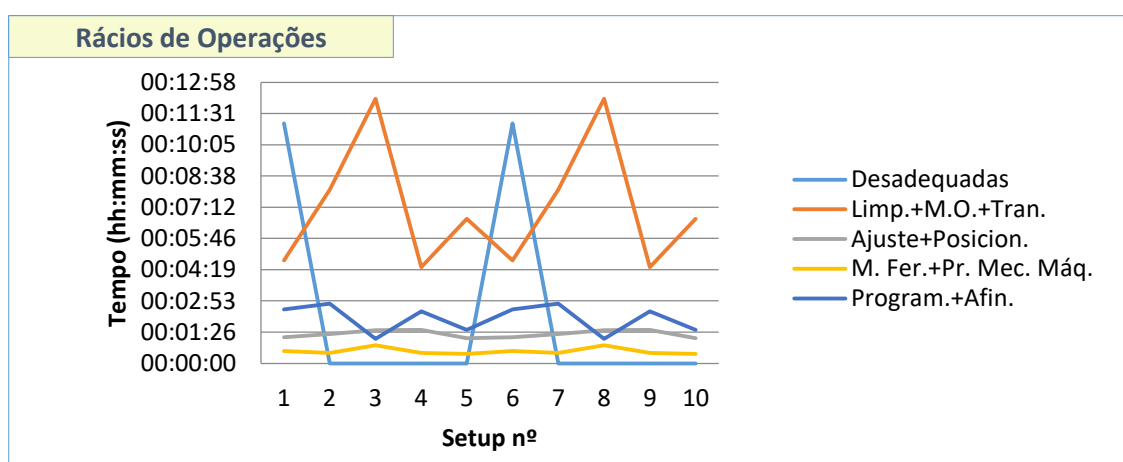
De uma forma resumida, a tabela 12 mostra que dos 5 *setup*'s contabilizados, o tempo médio está situado nos 11 minutos e 12 segundos com desvio padrão de 2 minutos e 46 segundos.

Tabela 13 - Rácios de operações Fresadora Droop Rein (Antes): Análise geral.

Rácios de Operações:	Máximo	Mínimo	Média	D.Padrão
Desadequadas	00:11:04	00:00:00	00:02:13	00:04:40
Limp.+M.Opera.+Transp.	00:12:12	00:04:26	00:07:13	00:02:58
Ajuste+Posicionamento	00:01:33	00:01:10	00:01:22	00:00:10
M. Ferram.+Pr. Mec. Máq.	00:00:50	00:00:26	00:00:34	00:00:09
Programação+Afinação	00:02:45	00:01:08	00:02:04	00:00:39

É novamente possível verificar na análise geral (ver tabela 13) que as melhorias devem estar mais focadas nas operações desadequadas e de transporte.

Os gráficos 8 e 9 retratam graficamente o antes analisado em forma de tabela.

Gráfico 8 - Tempos de *setup* Fresadora Droop Rein (Antes): Análise geral.Gráfico 9 - Rácios de operações *setup* Fresadora Droop Rein (Antes): Análise geral.

3.3.1.2 FRESADORA (HORIZONTAL) SCHARMANN

SETUP TIPO:

Tabela 14 - Tempo total *setup* Fresadora Scharmann (Antes).

Tempo Total de <i>Setup</i>	Tempo de Op. Desadequadas
00:17:47	00:00:00

De acordo com a tabela 14, uma primeira análise demonstra que o tempo total de *setup* é de cerca de 18 minutos, não existindo operações desadequadas.

Tabela 15 - Tempo efetivo *setup* Fresadora Scharmann (Antes).

Op. Desadequadas/T. Total de <i>Setup</i>	Tempo de <i>Setup</i> Efetivo
0%	00:17:47

Descrição de tarefa	Tempo de Tarefa			Classificação por Operação	Classificação por Fase
Limpeza PA com Ar Comprimido	0 h	0 m	14 s	Limpeza	Retirar peça maquinada
Desmagnetização da Peça PA (Prato Magn.)	0 h	0 m	27 s	Ajuste e aperto	Fixação
Movimentação para Ponte Rolante	0 h	0 m	18 s	Movimento de Operador	Retirar peça maquinada
Movimentação da Ponte Rolante (In) (em Vazio)	0 h	0 m	41 s	Transporte	Retirar peça maquinada
Magnetização + Desmagnetização da Peça PA (Electroíman)	0 h	0 m	15 s	Transporte	Retirar peça maquinada
Movimentação da Ponte Rolante PA (Out)	0 h	1 m	1 s	Transporte	Retirar peça maquinada
Movimentação da Ponte Rolante (Out) (em Vazio)	0 h	0 m	23 s	Transporte	Colocar nova peça
Magnetização + Desmagnetização da Peça MP (Electroíman)	0 h	0 m	31 s	Transporte	Colocar nova peça
Movimentação da Ponte Rolante MP (In)	0 h	0 m	32 s	Transporte	Colocar nova peça
Limpar Mesa + Peça	0 h	0 m	20 s	Limpeza	Fixação
Magnetização + Desmagnetização da Peça MP (Electroíman)	0 h	0 m	51 s	Transporte	Colocar nova peça
Movimentação da Ponte Rolante (Out) (em Vazio)	0 h	0 m	8 s	Transporte	Colocar nova peça
Limpeza e Magnetização da peça (Prato Magn.)	0 h	0 m	25 s	Posicionamento	Colocar nova peça
Parametrização	0 h	2 m	24 s	Programação	Parametrização
Retorno do PA a Posição Inicial (Viragem) + Limpar Arestas	0 h	0 m	43 s	Ajuste e aperto	Fixação
Desmagnetizar + Rodar Mesa	0 h	0 m	23 s	Ajuste e aperto	Fixação
Limpar Mesa + Peça	0 h	0 m	20 s	Limpeza	Fixação
Rodar Peça com Ponte	0 h	1 m	0 s	Ajuste e aperto	Fixação
Parametrização	0 h	6 m	51 s	Programação	Parametrização

Figura 14 - Passos *setup* Fresadora Scharmann (Antes).Tabela 16 - Tarefa mais longa *setup* Fresadora Scharmann (Antes).

Fases		[% Tempo]
Mais longa	Parametrização	52%

Numa outra análise (ver tabela 16), é visível que a fase mais longa é a parametrização, significando que claramente se deve atuar neste campo.

Tabela 17 - Tipo de operações *setup* Fresadora Scharmann (Antes).

Tipo de Operações:			
Mais frequente na fase mais longa		Predominante no <i>setup</i>	
Programação	100%	Programação	52%

Dentro da fase mais longa (parametrização), é possível descortinar na tabela 17 que o único tipo de operação é a programação, sendo também o tipo mais predominante em todo o *setup*.

Tabela 18 - Rácios de operações *setup* Fresadora Scharmann (Antes).

Rácios de Operações:	Tempo	%T.S.
Operação desadequada	00:00:00	
Limpeza	00:00:54	5%
Movimento de Operador	00:00:18	2%

Transporte	00:04:22	25%
Posicionamento	00:00:25	2%
Mudança de Ferramenta	00:00:00	0%
Ajuste e aperto	00:02:33	14%
Programação	00:09:15	52%
Afinação	00:00:00	0%
Prep. mecânica da máquina	00:00:00	0%

Conforme é bem visível na tabela 18 e como referido anteriormente, cerca de 9 minutos são despendidos em programação sendo esta a mais predominante.

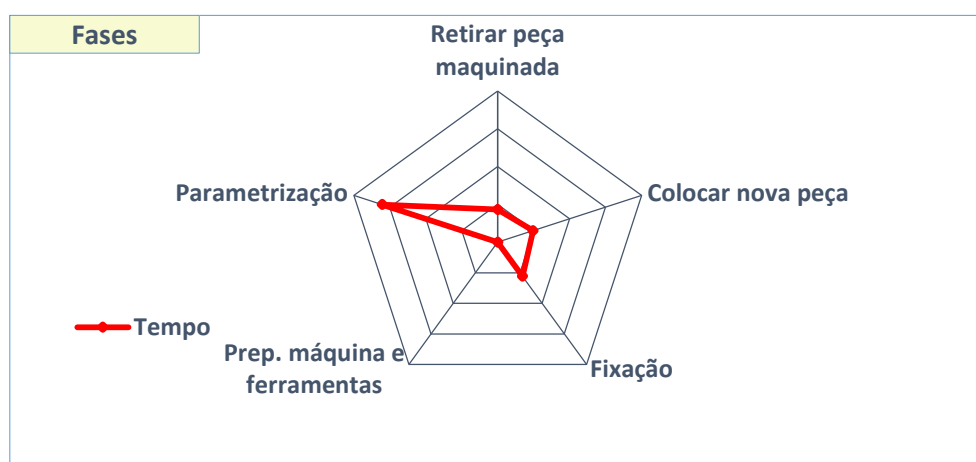


Gráfico 10 - Operações setup Fresadora Scharmann (Antes).

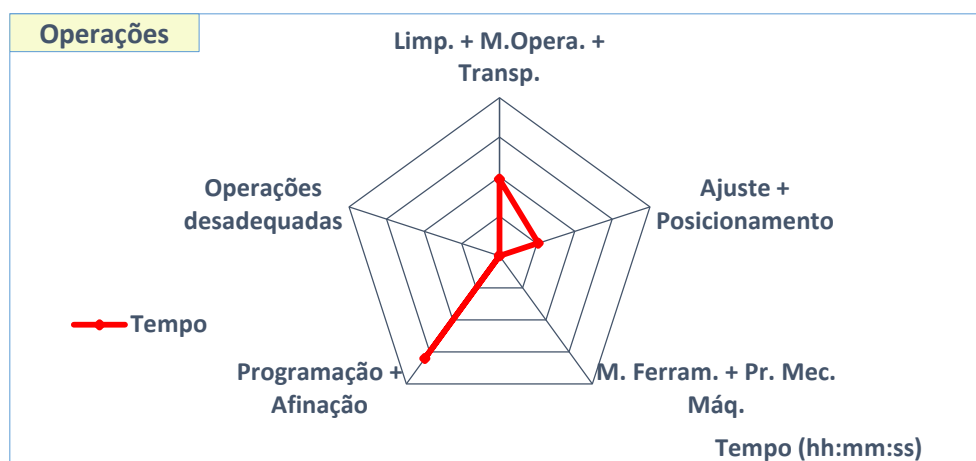


Gráfico 11 - Fases setup Fresadora Scharmann (Antes).

Os gráficos 10 e 11 mostram também o que foi evidenciado numericamente nas tabelas anteriores, ou seja, as operações são maioritariamente de programação e a fase predominante está relacionada com a parametrização.

ANÁLISE GERAL *SETUP*:

Tabela 19 - Tempos de setup Fresadora Scharmann (Antes): Análise geral.

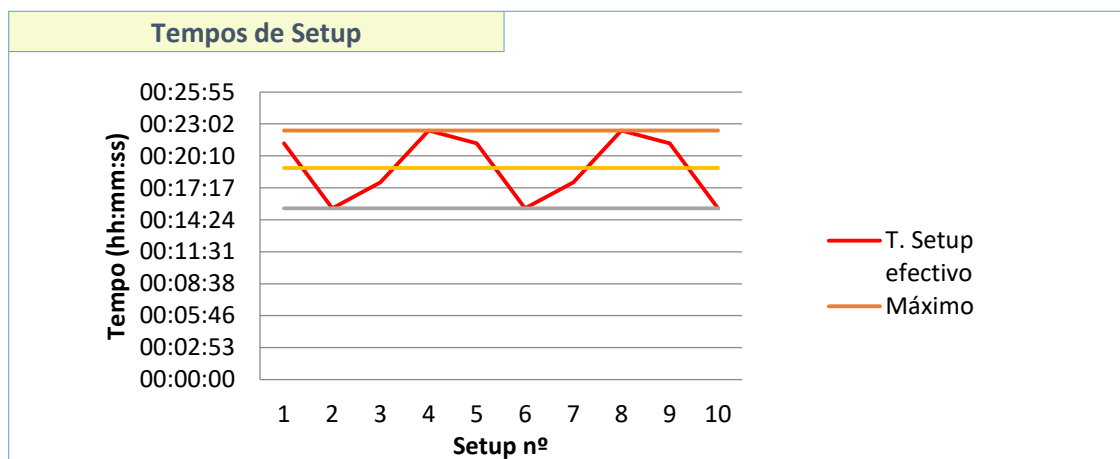
Tempos de <i>Setup</i>			
Tempo Médio	Tempo Máximo	Tempo Mínimo	Desvio Padrão
00:19:04	00:22:26	00:15:26	00:02:59

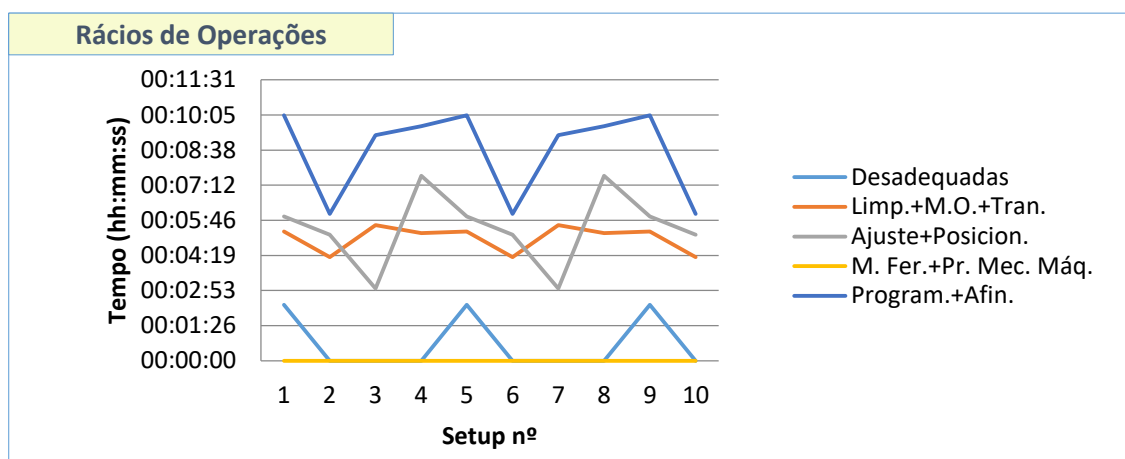
De uma forma resumida, a tabela 19 mostra que dos 5 *setup*'s contabilizados, o tempo médio está situado nos 19 minutos e 4 segundos com desvio padrão de 2 minutos e 59 segundos.

Tabela 20 - Rátios de operações Fresadora Scharmann (Antes): Análise geral.

Rátios de Operações:	Máximo	Mínimo	Média	D.Padrão
Desadequadas	00:02:18	00:00:00	00:00:41	00:01:07
Limp.+M.Opera.+Transp.	00:05:34	00:04:15	00:05:01	00:00:33
Ajuste+Posicionamento	00:07:35	00:02:58	00:05:26	00:01:35
M. Ferram.+Pr. Mec. Máq.	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00
Programação+Afinação	00:10:04	00:06:01	00:08:36	00:01:48

É novamente possível verificar na análise geral (ver tabela 20) que as melhorias devem estar mais focadas nas operações de programação.

Gráfico 12 - Rátios de operações *setup* Fresadora Scharmann (Antes): Análise geral.

Gráfico 13 - Tempos de *setup* Fresadora Scharmann (Antes): Análise geral.

3.3.2 GAMAS OPERATÓRIAS INDEFINIDAS/INCORRETAS

Uma outra análise foi suficiente para vislumbrar deficiências claras nas gamas operatórias presentes nos documentos oficiais de fabrico designados OF (Ordens de Fabrico).

Na figura 15, OF exemplificativa com gama operatória e tempos de fabrico incorretos.

Na tabela 21, é possível visualizar a gama operatória do setor, função de Peso, Comprimento, Largura e Espessura (critérios presentes no *ERP BAAN IV*).

Tabela 21 - Gama operatória da Maquinagem.

ID restrição	Se q.	Operação	Máquina	Condição	Peso min	Peso máx	Co mp min	Co mp máx	Lar g min	Lar g máx	Es pe min	Es pe máx
A_gam a1	10	Frezar Lados	Fresadora Waldrich	s/ sub	0	30 000	0	4 000	0	1 600	10 1	1 200
A_gam a9	15	Frezar Lados	Fresadora Waldrich	s/ sub	0	30 000	0	4 000	1 601	1 750	0	1 200
A_gam a2	20	Frezar Faces	Fresadora Waldrich	s/ sub	0	30 000	0	4 000	0	1 600	10 1	1 200
A_gam a10	25	Frezar Faces	Fresadora Waldrich	s/ sub	0	30 000	0	4 000	1 601	1 750	0	1 200
A_gam a3	30	Frezar Lados	Fresadora Sharman	s/ sub	0	12 000	1 501	2 400	0	1 600	0	100
Aacom p	35	Frezar Lados	Fresadora Sharman P		0	9 999	0	9 999	0	9 999	0	9 999
A_gam a16	36	Frezar Faces	Fresadora Droop Rein	s/ sub	0	2 000	0	1 500	0	1 250	0	100
A_gam a4	40	Frezar Faces	Fresadora Droop Rein	s/ sub	0	12 000	1 501	2 400	0	1 600	0	100
A_gam a5	50	Frezar Lados	Fresadora Burr	s/ sub	0	12 000	2 401	4 000	0	1 600	0	100
A_gam a11	52	Frezar Lados	Fresadora Burr	s/ sub	1 201	30 000	0	2 400	0	1 600	0	100
A_gam a13	53	Frezar Lados	Fresadora Burr	s/ sub	12 001	30 000	2 401	4 000	0	1 600	0	100
A_gam a14	54	Frezar Faces	Fresadora Droop Rein	s/ sub	12 001	30 000	2 401	4 000	0	1 600	0	100
A_gam a8	55	Frezar Faces	Fresadora Droop Rein	s/ sub	0	12 000	2 401	4 000	0	1 600	0	100

A_gam a12	56	Frezar Faces	Fresadora Droop Rein	s/ sub	12 001	30 000	0	2 400	0	1 600	0	100
A_gam a7	57	Retificar Faces	Rectificadora Waldrich	s/ sub & c/rect								
A_gam a6	60	Furação e Roscaçem	Fresadora Burr	s/ sub & c/fur								
	12	Fresagem										
	0	Acabamento										

Data: 13/03/18 [15:15] **ORDENS FABRICO DE MAQUINAGEM**  Página: 1
 Ramada Aços, S.A. O.V.  666001 Companhia: 70
 0301387033060

Projecto : 387033/ 60 Qtd. Pedida : 1,0000
 Artigo : 0415A-17. AÇO F10 C/ 1580 x990 x50 Qtd. Entregue: 0,0000
 Data Planeada: 15/03/18
 Data plan.rec: 23/03/2018
 Ordem fabrico: 666001 Rota: O. AZEMEIS - CLINTON
 Armazém : 101 Armazém Distrib. Ovar - Aços

Opções de Configuração :

Característica	Opção	Descrição
Toler. Comp/largura	-0+0.1	
Toler. Espessura	-0+0.02	
Molde	8198	
Rectificar (s/n)	8	Tem rectificação
Dimensão a rectificar face 1	50	
Furação/Roscaçem (s/n)	5	Tem furação/roscaçem
Tipo de Angulo	3x 45°	3x45°
Comprimento inicial da Peça	1588	
Largura inicial da Peça	998	
Espessura inicial da Peça	58	

Gama Operatória:

Op. Descrição	Centro de Trabalho	T. Fab(h)
30 FREZAR LADOS	Fresadora Scharmann	0,3130
35 FREZAR LADOS	Fresadora Scharmann Palet	
40 FREZAR FACES	Fresadora Droop Rein	7,6189
57 RETIFICAR FACES	Rectificadora Waldrich	1,4428
60 FURAÇÃO/ROSCAGEM	Fresadora Burr	0,7333
120 Fresagem Acabamento	Fresadora Vertical/Horizo	

Observações:

REGISTO DE DADOS DE INICIO DE PROCESSO

Comprimento	Largura	Espessura	Data	Operador
22207-1				

Figura 15 - Ordem de fabrico da Maquinagem (Antes).

Problemas identificados nas gamas operatórias:

- Erros ortográficos na designação das operações;
- Parque de máquinas desatualizado;

- Designação das máquinas incorreta;
- Critérios em função das dimensões e pesos desadequados;
- Sequenciação de operações errada.

3.3.3 TEMPOS DE FABRICO INADEQUADOS/NÃO FIÁVEIS

Outro dos problemas detetado foi a não correspondência dos tempos teóricos produtivos com os tempos reais e consequente incongruência com planeamento produtivo prévio. Este problema tem como principal consequência o descrédito e desacreditação de todos os colaboradores em relação à informação apresentada na O.F., levando a que a programação da Produção seja realizada empiricamente e baseada na experiência dos responsáveis do setor.

Na tabela 22 é possível visualizar a informação extraída do *ERP BAAN IV*.

Tabela 22 - Tempos de execução da Maquinagem.

ID restrição	Se q.	Operação	Máquina	Tempo Execução
A_gam a1	10	Fresar Lados	Fresadora Waldrich	$45,95 * (((E * C) + (E * L)) / 1.000.000) * 2) + 30$
A_gam a9	15	Fresar Lados	Fresadora Waldrich	$45,95 * (((E * C) + (E * L)) / 1.000.000) * 2) + 30$
A_gam a2	20	Fresar Faces	Fresadora Waldrich	$51,29 * (((L * C) / 1.000.000) * 2) + 30$
A_gam a10	25	Fresar Faces	Fresadora Waldrich	$51,29 * (((L * C) / 1.000.000) * 2) + 30$
A_gam a3	30	Fresar Lados	Fresadora Sharman	$34,16 * (((E * C) + (E * L)) / 1.000.000) * 2) + 10$
Aacom p	35	Fresar Lados	Fresadora Sharman P	
A_gam a16	36	Fresar Faces	Fresadora Droop Rein	$139,73 * (((L * C) / 1.000.000) * 2) + 20$
A_gam a4	40	Fresar Faces	Fresadora Droop Rein	$139,73 * (((L * C) / 1.000.000) * 2) + 20$
A_gam a5	50	Fresar Lados	Fresadora Burr	$47,61 * (((E * C) + (E * L)) / 1.000.000) * 2) + 30$
A_gam a11	52	Fresar Lados	Fresadora Burr	$47,61 * (((E * C) + (E * L)) / 1.000.000) * 2) + 30$
A_gam a13	53	Fresar Lados	Fresadora Burr	$47,61 * (((E * C) + (E * L)) / 1.000.000) * 2) + 30$
A_gam a14	54	Fresar Faces	Fresadora Droop Rein	$139,73 * (((L * C) / 1.000.000) * 2) + 20$
A_gam a8	55	Fresar Faces	Fresadora Droop Rein	$139,73 * (((L * C) / 1.000.000) * 2) + 20$
A_gam a12	56	Fresar Faces	Fresadora Droop Rein	$139,73 * (((L * C) / 1.000.000) * 2) + 20$

A_gam a7	57	Rectificar Faces	Rectificadora Waldrich	$\frac{(((C*L*0,05)/1000) / 150) + 0,20}{2} * 60$
A_gam a6	60	Furação e Roscagem	Fresadora Burr	NrFuros * 8 + NrFuros * 3
	12	Fresagem		
	0	Acabamento		

Para melhor percepção dos cálculos realizados, será apresentada na secção anexos sucinta explicação.

3.3.4 OCORRÊNCIA SIGNIFICATIVA DE NC INTERNAS/EXTERNAS

Fator crucial para o sucesso das empresas, a Qualidade é um pilar a ser analisado e dissecado por forma a identificar e corrigir anomalias NC e a exponenciar a MC a variados níveis.

Serão apresentados de seguida os casos de Não Qualidade (externa e interna, conforme gráficos 14 e 15 respetivamente), registados no Sistema de Qualidade da empresa decompostos por responsabilidade de setor entre Janeiro e Junho de 2017.

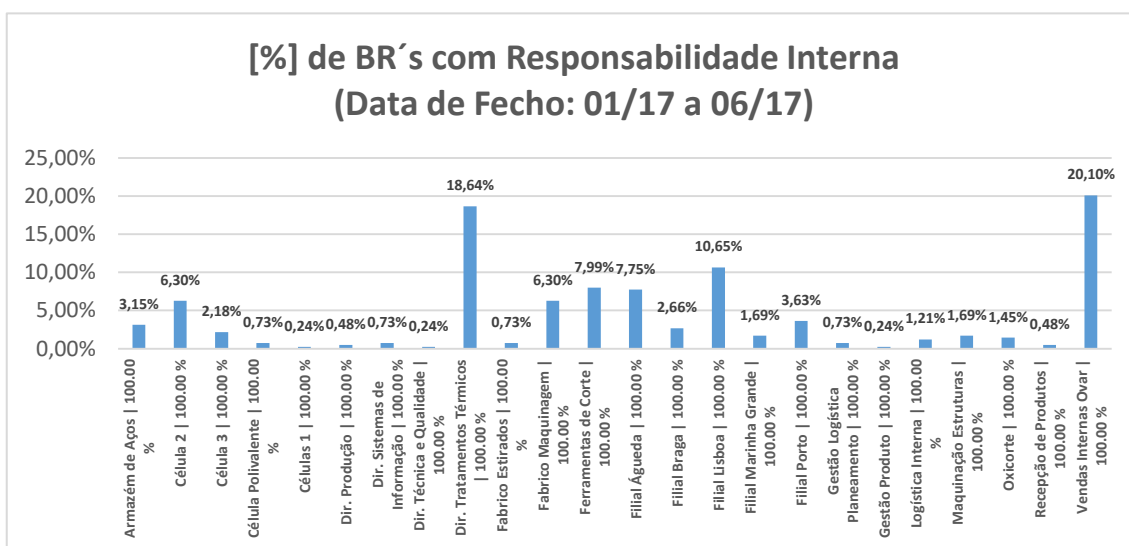


Gráfico 14 - BR's 2017 Maquinagem (Geral).

N.º total de ocorrências: 413

N.º de ocorrências do setor de Maquinagem: 26

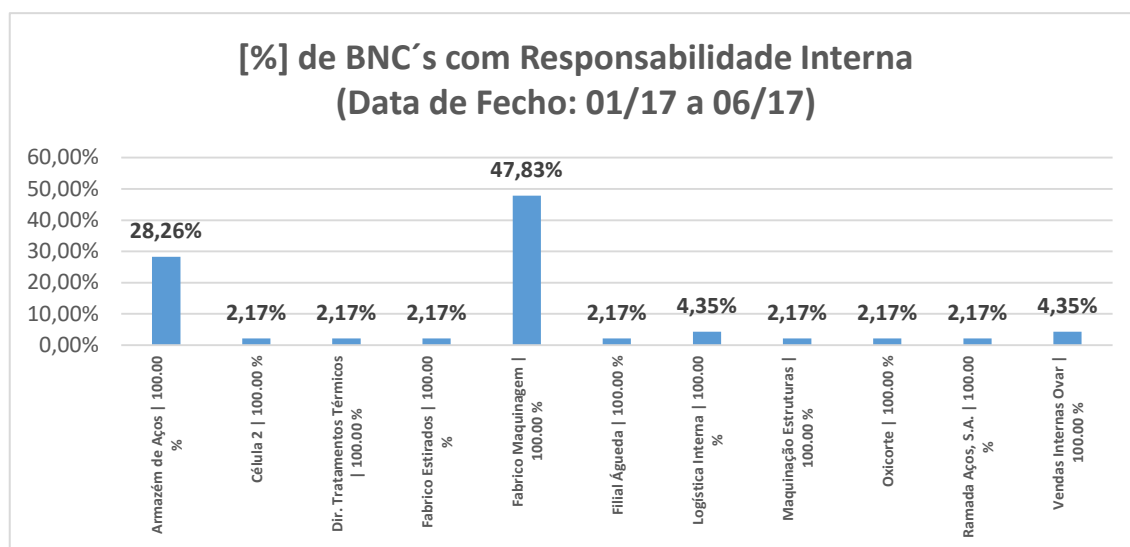


Gráfico 15 - BNC's 2017 Maquinagem (Geral).

N.º total de ocorrências: 46

N.º de ocorrências do setor de Maquinagem: 22

Realizada a primeira análise, onde se verifica que em termos de BR o setor da Maquinagem está situado no 5º lugar de setores com maior n.º de reclamações externas (6,3%) e no 1º lugar em relação a reclamações internas (47,83%), indicando que se torna crucial estancar as anomalias.

Importa também decompor os processos ocorridos pela sua causa, de acordo com o gráfico 16 (BNC's) e 17 (BR's).

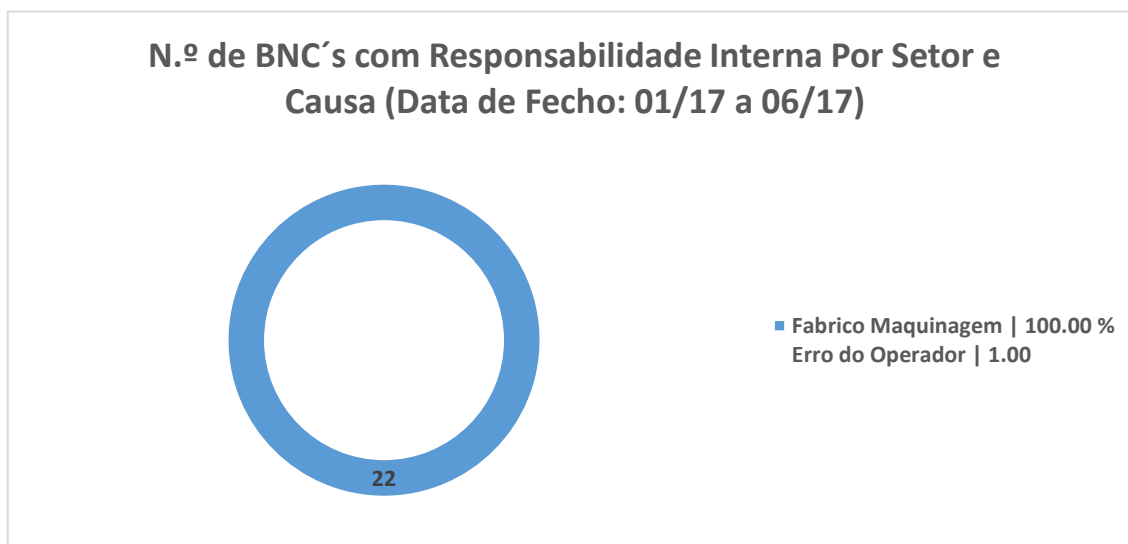


Gráfico 16 - BNC's 2017 Maquinagem (Causa).

N.º de BR's com Responsabilidade Interna Por Setor e Causa (Data de Fecho: 01/17 a 06/17)

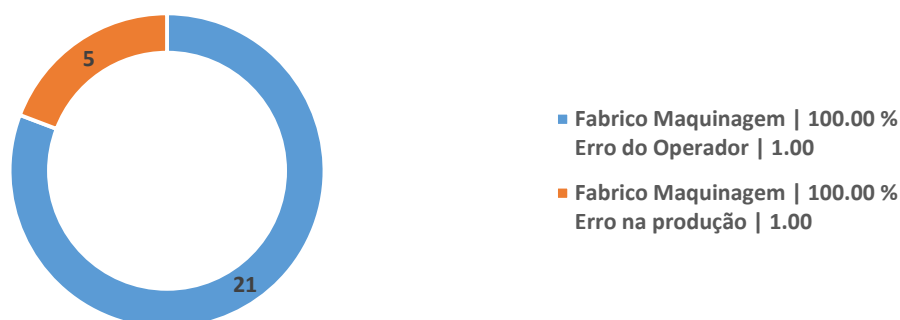


Gráfico 17 - BR's 2017 Maquinagem (Causa).

Fica evidente que em casos de processos internos (BR's), como em externos (BNC's), foi apurado pela empresa que a principal causa de falhas foi o Erro de Operador.

3.4 PROPOSTAS DE MELHORIA

Identificados e dissecados os principais problemas do setor, conforme tabela 23, serão seguidamente enumeradas as respetivas propostas de melhoria.

Tabela 23 - Propostas de melhoria.

PROCESSO	OPORTUNIDADE DE MELHORIA	SOLUÇÃO
Maquinagem	Baixos tempos produtivos/taxas de fabrico	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição de tempos de <i>setup</i> recorrendo à ferramenta <i>lean SMED</i> • Alteração da afetação e gestão diária do trabalho • Melhoria de meios de movimentação
	Gamas operatórias indefinidas/incorrectas	<ul style="list-style-type: none"> • Definição de novas gamas operatórias
	Tempos teóricos de fabrico inadequados/não fiáveis	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de novas fórmulas de cálculo dos tempos de fabrico • Atualização de parâmetros de Maquinagem

Ocorrência significativa de Não Conformidades internas/externas

- Formação de operadores
- Verificação final adicional (duplo controle)

3.4.1 BAIXOS TEMPOS PRODUTIVOS

Para que seja possível melhorar substancialmente os tempos produtivos, isto é, aumentar significativamente o tempo que a máquina está a laborar, optou-se, conforme citado, por encetar primeiramente esforços na diminuição de tempos de *setup*, recorrendo à ferramenta *lean SMED*:

I. Diminuição de tempos de *setup* recorrendo à ferramenta *lean SMED*

Na sequência do apresentado no capítulo 3.3.1, serão desta feita apresentadas melhorias no procedimento de *setup* e de seguida aferido o estado futuro.

MELHORIAS

Após análise aprofundada dos *setup's* anteriormente referenciados, foram propostas para implementação alterações/melhorias como demonstrado nas tabelas 24 (Fresadora Droop Rein) e 25 (Fresadora Scharmann).

FRESADORA (VERTICAL) DROOP REIN

Tabela 24 - Melhorias *setup* Fresadora Droop Rein.

N. º	ETAPA	MEIOS NECESSÁRIOS	DESCRIÇÃO	N.º HOMENS
1	Retirar PA	Ponte Rolante + Eletroíman/Correntes	Eliminar Movimentações em Vazio (Gerir Processo)	2
2	Colocar PA em Parque PA	Ponte Rolante + Eletroíman/Correntes	Criar Parque	1
3	Limpar Máquina	Ar Comprimido + Vassoura	Melhor Posicionamento Ar, Vassoura Melhorar Isolamento Pratos 2º operador	2
4	Limpar MP	Ar Comprimido + Vassoura	-	1
5	Colocar MP	Ponte Rolante + Eletroíman/Correntes	Criar Parque Eliminar Movimentações em Vazio (Gerir Processo)	2

6	Centramento	Ponte Rolante + Eletroímã/Correntes	Diminuir Tempo de Colocação nos Pratos (Formação)	1
7	Mudança de Fresa	-	2º Operador (externo) Melhorar localização bancada (Redefinir Layout)	1
8	Medição da Peça	Paquímetro + Micrómetro	-	1
9	Inserção de Dados no Controlador	-	Medir 4 Pontos (Cantos) Previamente e Inserir sem Movimentações da Máquina em Vazio	1
10	Virar Peça	Virador/Estrado + Correntes	Trabalhar c/ 2 Peças em Simultâneo	1
11	Repetir Pontos Anteriores	-	-	1

Em paralelo e por forma a facilitar a execução do novo procedimento, foram realizadas melhorias ao posto de trabalho, conforme é possível visualizar na figura 16 (antes) e imagem 17 (depois).



Figura 16 - Bancada Fresadora Droop Rein (Antes).



Figura 17 - Bancada Fresadora Droop Rein (Depois).

Adicionalmente, foram ainda criados parques de material em curso por forma a diminuir tempos de movimentação e facilitar organização do trabalho. Através das figuras 18 e 19 será possível descortinar as diferenças entre o antes e o depois dessas alterações.



Figura 19 - Parque "Em curso" Fresadora Droop Rein (Antes).



Figura 18 - Parque "Em curso" Fresadora Droop Rein (Depois).

FRESADORA (HORIZONTAL) SCHARMANN

Tabela 25 - Melhorias *setup* Fresadora Scharmann.

N. º	ETAPA	MEIOS NECESSÁRIOS	DESCRIÇÃO	N.º HOMENS
1	Retirar PA	Ponte Rolante + Eletroímã/Correntes	Eliminar Movimentações em Vazio (Gerir Processo)	2
2	Colocar PA em Parque PA	Ponte Rolante + Eletroímã/Correntes	Criar Parque	1
3	Limpar Máquina	Ar Comprimido + Vassoura	Melhor Posicionamento Ar, Vassoura Melhor Isolamento Pratos 2º operador	2
4	Limpar MP	Ar Comprimido + Vassoura	-	1
5	Colocar MP	Ponte Rolante + Eletroímã/Correntes	Criar Parque Eliminar Movimentações em Vazio (Gerir Processo)	2
6	Centramento	Ponte Rolante + Eletroímã/Correntes	Diminuir Tempo de Colocação nos Pratos (Formação)	1

7	Mudança de Fresa	-	2º Operador (externo) Melhorar localização bancada (Redefinir Layout)	1
8	Medição da Peça	Paquímetro + Micrómetro	-	1
9	Inserção de Dados no Controlador	-	Eliminar Comparação (Comparar Paralela Início de Turno + Espaçadores + Acessórios de Fixação)	1
10	Virar Peça	Ponte Rolante + Eletroímã/Correntes / Mesa	Eliminar Movimentações em Vazio (Gerir Processo)	1

Tal como na Fresadora Droop Rein, na fresadora Scharmann foram também realizadas melhorias ao posto de trabalho, conforme é possível visualizar na figura 20 (antes) e figura 21 (depois) e foi criado parque em curso, tal como mostrado nas figuras 22 (antes) e 23 (depois).

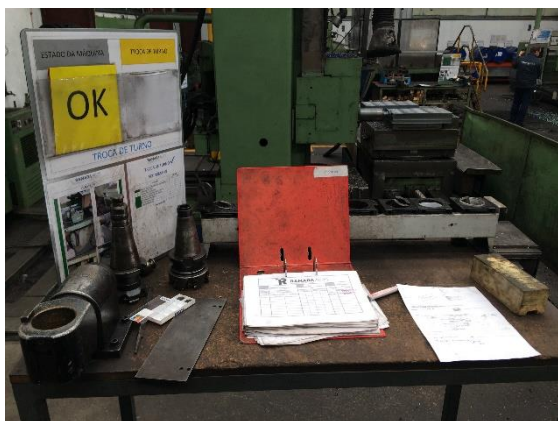


Figura 21 - Bancada Fresadora Scharmann (Antes).



Figura 20 - Bancada Fresadora Scharmann (Depois).



Figura 23 - Parque "Em curso" Fresadora Scharmann (Antes).



Figura 22 - Parque "Em curso" Fresadora Scharmann (Depois).

ESTADO FUTURO (DEPOIS)

3.4.1.1 FRESADORA (VERTICAL) DROOP REIN

SETUP TIPO:

Descrição de tarefa	Tempo de Tarefa	Classificação por Operação	Classificação por Fase
Movimentação da ponte rolante (IN) em vazio	0 h 1 m 16 s	Transporte	Retirar peça maquinada
Trocar Ferramenta	0 h 0 m 0 s	Mudança de Ferramenta	Prep. máquina e ferramentas
Movimentação para ar comprimido	0 h 0 m 0 s	Limpeza	Colocar nova peça
Magnetização + desmagnetização da peça PA	0 h 0 m 18 s	Transporte	Retirar peça maquinada
Movimento da ponte rolante PA (out)	0 h 0 m 59 s	Transporte	Retirar peça maquinada
Limpeza com ar comprimido	0 h 0 m 0 s	Limpeza	Colocar nova peça
Virar Peça no virador	0 h 3 m 20 s		
Magnetização + desmagnetização da peça MP	0 h 0 m 18 s	Transporte	Colocar nova peça
Movimento da ponte rolante MP (in)	0 h 1 m 0 s	Transporte	Colocar nova peça
Deslocação para vassoura	0 h 0 m 2 s	Movimento de Operador	Colocar nova peça
Limpeza da peça com vassoura	0 h 0 m 15 s	Limpeza	Colocar nova peça
Colocar peça na posição	0 h 0 m 30 s	Posicionamento	Colocar nova peça
Afastar ponte da máquina	0 h 0 m 15 s	Transporte	Colocar nova peça
Parametrização	0 h 1 m 10 s	Programação	Parametrização
Magnetização da peça	0 h 0 m 2 s	Ajuste e aperto	Fixação

Figura 24 - Passos *setup* Fresadora Droop Rein (Depois).

Tabela 26 - Tempo total *setup* Fresadora Droop Rein (Depois).

Tempo Total de Setup	Tempo de Op. Desadequadas
00:06:05	00:00:00

De acordo com a tabela 26, uma primeira análise demonstra que o tempo total de *setup* é de cerca de 6 minutos, sem operações desadequadas.

Tabela 27 - Tempo efetivo *setup* Fresadora Droop Rein (Depois).

Op. Desadequadas/T. Total de Setup	Tempo de Setup Efetivo
------------------------------------	------------------------

0%	00:06:05
----	----------

Tabela 28 - Tarefa mais longa *setup* Fresadora Droop Rein (Depois).

Fases		[% Tempo]
Mais longa	Retirar peça maquinada	42%

Numa outra análise (ver tabela 28), é visível que a fase mais longa é retirar a peça maquinada.

Tabela 29 - Tipo de operações *setup* Fresadora Droop Rein (Depois).

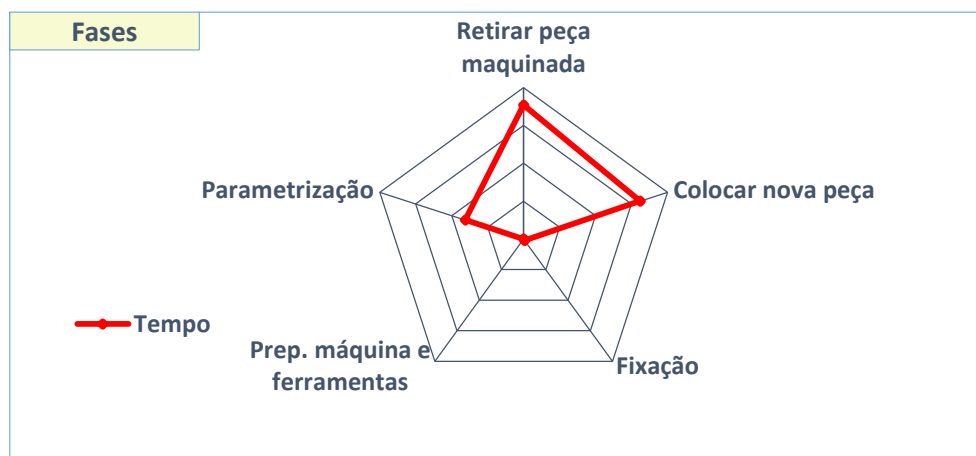
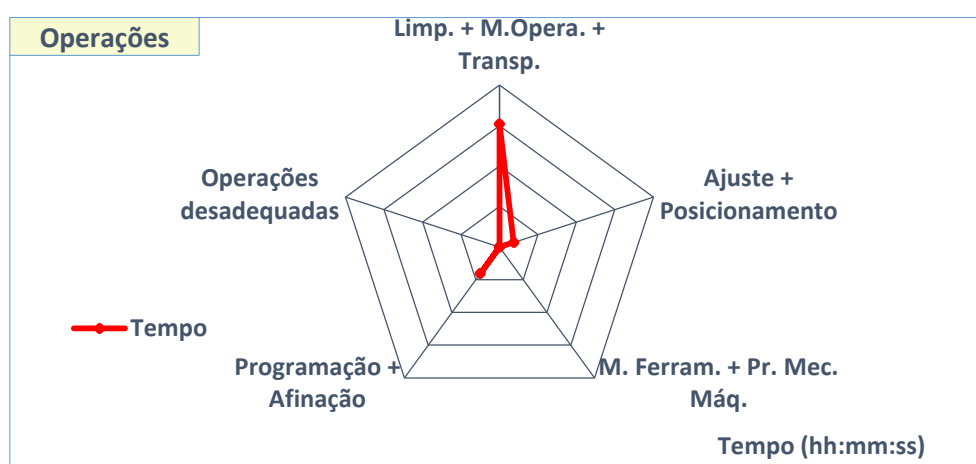
Tipo de Operações:			
Mais frequente na fase mais longa		Predominante no <i>setup</i>	
Transporte	100%	Transporte	67%

Dentro da fase mais longa (retirar peça maquinada), é possível descortinar na tabela 29 que o único tipo de operação é o transporte, sendo também o tipo mais predominante em todo o *setup*.

Tabela 30 - Rátios de operações *setup* Fresadora Droop Rein (Depois).

Rátios de Operações:	Tempo	%T.S.
Operação desadequada	00:00:00	
Limpeza	00:00:15	4%
Movimento de Operador	00:00:02	1%
Transporte	00:04:06	67%
Posicionamento	00:00:30	8%
Mudança de Ferramenta	00:00:00	0%
Ajuste e aperto	00:00:02	1%
Programação	00:01:10	19%
Afinação	00:00:00	0%
Prep. mecânica da máquina	00:00:00	0%

Conforme é bem visível na tabela 30 e como referido anteriormente, cerca de 4 minutos são despendidos em transporte sendo esta a operação mais predominante.

Gráfico 18 - Operações *setup* Fresadora Droop Rein (Depois).Gráfico 19 - Fases *setup* Fresadora Droop Rein (Depois).

Os gráficos 18 e 19 mostram também o que foi evidenciado numericamente nas tabelas, ou seja, as operações são agora maioritariamente de transporte.

ANÁLISE GERAL SETUP:

Tabela 31 - Tempos de *setup* Fresadora Droop Rein (Depois): Análise geral.

Tempos de <i>Setup</i>			
Tempo Médio	Tempo Máximo	Tempo Mínimo	Desvio Padrão
00:05:52	00:06:56	00:04:40	00:00:46

De uma forma resumida, a tabela 31 mostra que dos 5 *setup*'s contabilizados, o tempo médio está situado nos 5 minutos e 52 segundos com desvio padrão de 46 segundos, o que demonstra baixa variabilidade.

Tabela 32 - Rácios de operações Fresadora Droop Rein (Depois): Análise geral.

Rácios de Operações:	Máximo	Mínimo	Média	D.Padrão
----------------------	--------	--------	-------	----------

Desadequadas	00:00:20	00:00:00	00:00:04	00:00:08
Limp.+M.Opera.+Transp.	00:04:38	00:02:33	00:03:48	00:00:49
Ajuste+Posicionamento	00:01:13	00:00:02	00:00:34	00:00:24
M. Ferram.+Pr. Mec. Máq.	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00
Programação+Afinação	00:02:05	00:01:00	00:01:30	00:00:26

É novamente possível verificar na análise geral (ver tabela 32) que a operação de maior peso está relacionada com transportes.

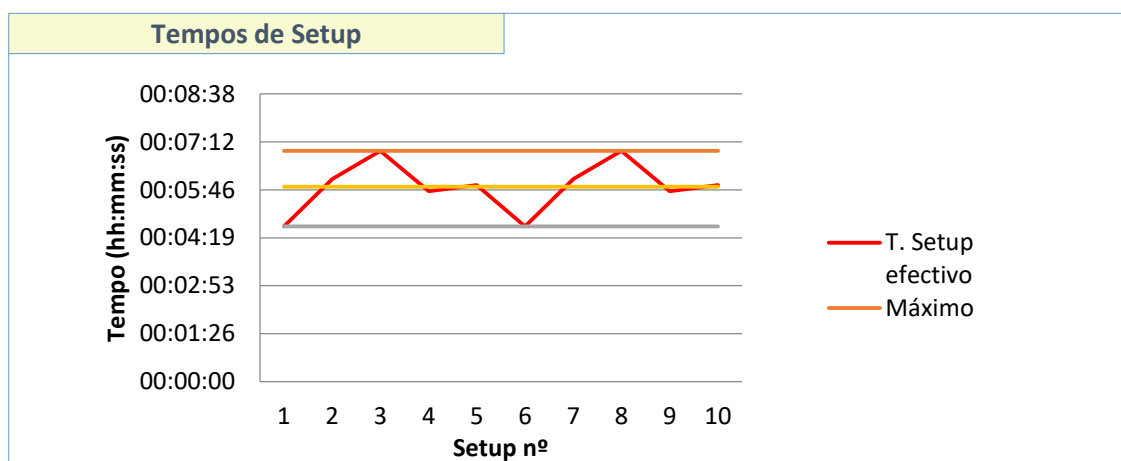


Gráfico 20 - Tempos de *setup* Fresadora Droop Rein (Depois): Análise geral.

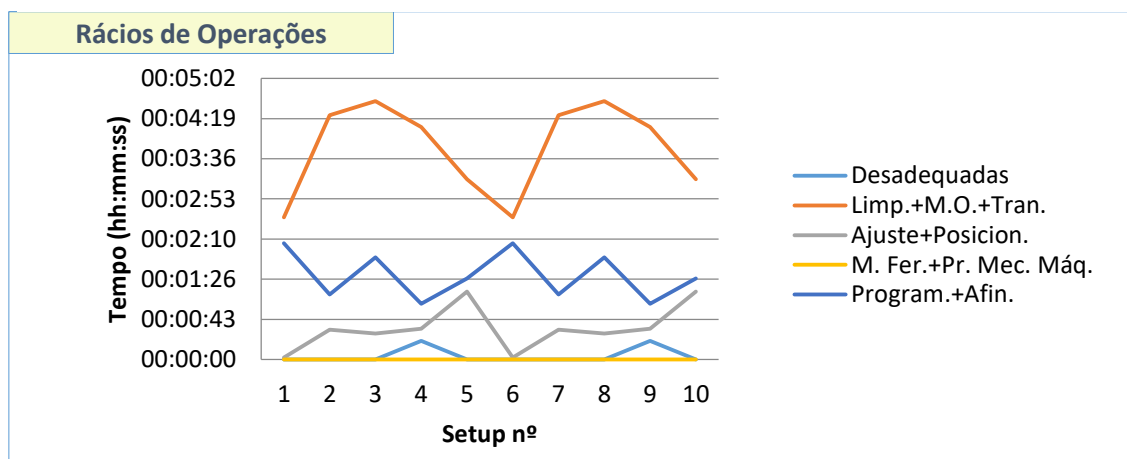


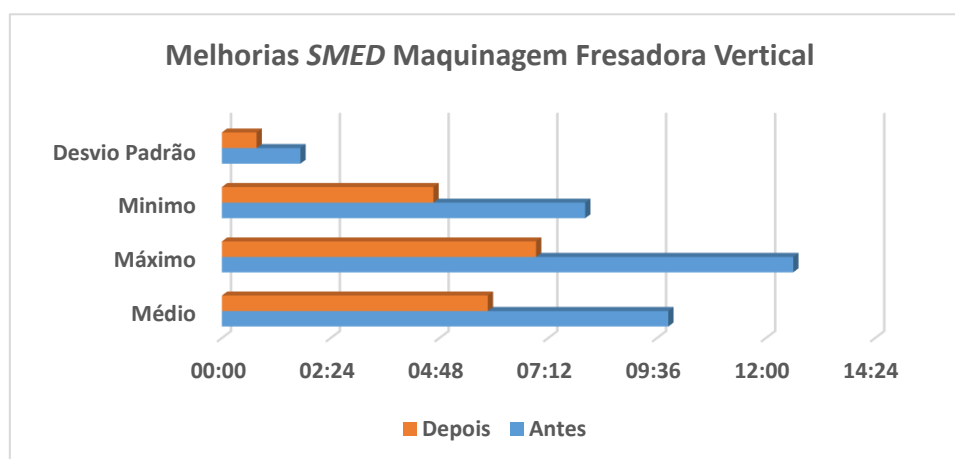
Gráfico 21 - Rácio de operações *setup* Fresadora Droop Rein (Depois): Análise geral.

- **GANHOS QUANTITATIVOS:**

O balanço do *SMED* realizado nesta máquina é significativamente positivo, já que decorrente da análise prévia e da definição e implementação de novos procedimentos e melhoramentos nos postos de trabalho, foi possível reduzir o tempo médio de *setup* em cerca de 40%, conforme está explanado na tabela 33, isto é, dos 9 minutos e 51 segundos médios iniciais, passamos para os 5 minutos e 52 segundos médios atuais.

Tabela 33 - Melhorias *SMED* Maquinagem Fresadora Vertical.

	Antes	Depois	Diferença
Médio	09:51	05:52	-40,44%
Máximo	12:36	06:56	-44,97%
Mínimo	08:01	04:40	-41,79%
Desvio Padrão	01:44	00:46	-55,77%

Gráfico 22 - Melhorias *SMED* Maquinagem Fresadora Vertical.

O gráfico 22 permite uma melhor percepção gráfica das melhorias conseguidas com a implementação da ferramenta *lean SMED* na fresadora vertical *Droop Rein*.

3.4.1.2 FRESADORA (HORIZONTAL) SCHARMANN

SETUP TIPO:

Descrição de tarefa	Tempo de Tarefa	Classificação por Operação	Classificação por Fase
Limpeza da peça com AC + Limpar rebarba	0 h 0 m 16 s	Limpeza	Retirar peça maquinada
Desmagnetizar peça	0 h 0 m 23 s	Ajuste e aperto	Fixação
Retirar peça maquinada - Ponte Rolante ou	0 h 1 m 43 s	Transporte	Retirar peça maquinada
Limpar Máquina com ar comprimido	0 h 0 m 0 s	Limpeza	Retirar peça maquinada
Movimento ponte rolante MP In	0 h 1 m 31 s	Transporte	Colocar nova peça
Centrar a peça	0 h 0 m 45 s	Posicionamento	Colocar nova peça
Afastar ponte rolante	0 h 1 m 45 s	Transporte	Colocar nova peça
Magnetizar peça	0 h 0 m 0 s	Ajuste e aperto	Colocar nova peça
Programação	0 h 1 m 56 s	Programação	Parametrização

Figura 25 - Passos *setup* Fresadora Scharmann (Depois).Tabela 34 - Tempo total *setup* Fresadora Scharmann (Depois).

Tempo Total de Setup	Tempo de Op. Desadequadas
00:08:19	00:00:00

De acordo com a tabela 34, uma primeira análise demonstra que o tempo total de *setup* é de cerca de 8 minutos, sem operações desadequadas.

Tabela 35 - Tempo efetivo *setup* Fresadora Scharmann (Depois).

Op. Desadequadas/T. Total de <i>Setup</i>	Tempo de <i>Setup</i> Efetivo
0%	00:08:19

Tabela 36 - Tarefa mais longa *setup* Fresadora Scharmann (Depois).

Fases	[% Tempo]
Mais longa	Colocar nova peça 48%

Numa outra análise (ver tabela 36), é visível que a fase mais longa é colocar nova peça.

Tabela 37 - Tipo de operações *setup* Fresadora Scharmann (Depois).

Tipo de Operações:			
Mais frequente na fase mais longa		Predominante no <i>setup</i>	
Transporte	81%	Transporte	60%

Dentro da fase mais longa (colocar nova peça), é possível descortinar na tabela 37 que o único tipo de operação é o transporte, sendo também o tipo mais predominante em todo o *setup*.

Tabela 38 - Rácios de operações *setup* Fresadora Scharmann (Depois).

Rácios de Operações:	Tempo	%T.S.
Operação desadequada	00:00:00	
Limpeza	00:00:16	3%
Movimento de Operador	00:00:00	0%
Transporte	00:04:59	60%
Posicionamento	00:00:45	9%
Mudança de Ferramenta	00:00:00	0%
Ajuste e aperto	00:00:23	5%
Programação	00:01:56	23%
Afinação	00:00:00	0%
Prep. mecânica de máquina	00:00:00	0%

Conforme é bem visível na tabela 38 e como referido anteriormente, cerca de 5 minutos são despendidos em transporte sendo esta a operação mais predominante.

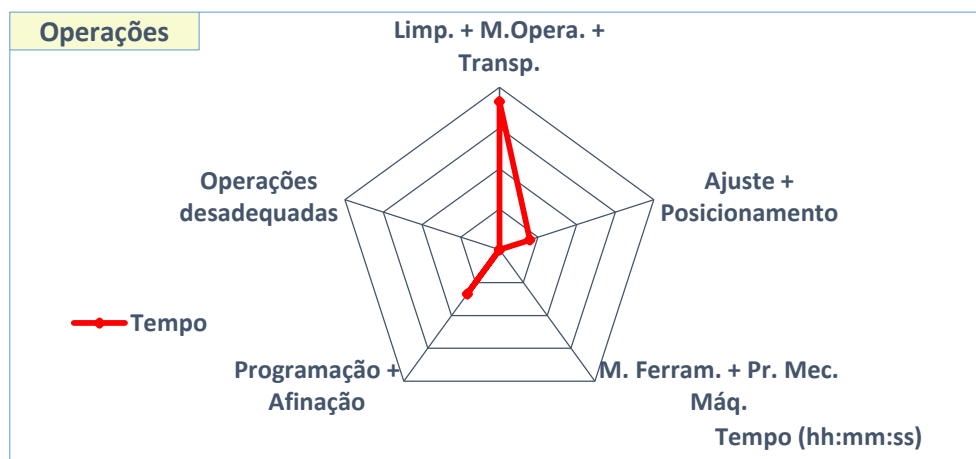


Gráfico 23 - Operações setup Fresadora Scharmann (Depois).

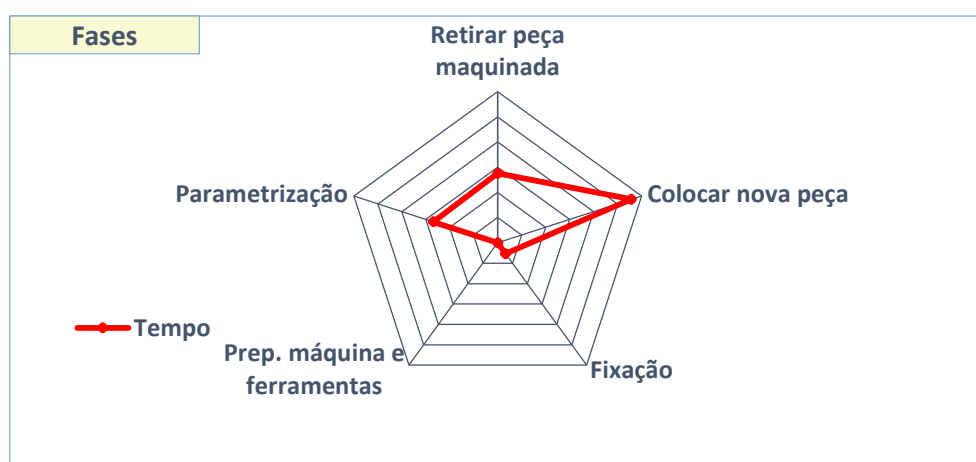


Gráfico 24 - Fases setup Fresadora Scharmann (Depois).

Os gráficos 23 e 24 mostram também o que foi evidenciado numericamente nas tabelas, ou seja, as operações são agora maioritariamente de transporte.

ANÁLISE GERAL SETUP:

Tabela 39 - Tempos de setup Fresadora Scharmann (Depois): Análise geral.

Tempos de Setup			
Tempo Médio	Tempo Máximo	Tempo Mínimo	Desvio Padrão
00:08:14	00:10:07	00:06:10	00:01:44

De uma forma resumida, a tabela 39 mostra que dos 5 *setup's* contabilizados, o tempo médio está situado nos 8 minutos e 14 segundos com desvio padrão de 1 minuto e 44 segundos, o que demonstra variabilidade considerável.

Tabela 40 - Rácios de operações Fresadora Scharmann (Depois): Análise geral.

Rácios de Operações:	Máximo	Mínimo	Média	D.Padrão
----------------------	--------	--------	-------	----------

Desadequadas	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00
Limp.+M.Opera.+Transp.	00:07:42	00:04:19	00:05:30	00:01:09
Ajuste+Posicionamento	00:02:04	00:00:11	00:01:01	00:00:40
M. Ferram.+Pr. Mec. Máq.	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00
Programação+Afinação	00:02:50	00:00:13	00:01:43	00:00:55

É novamente possível verificar que na análise geral (ver tabela 40) que a operação de maior peso está relacionada com transportes.

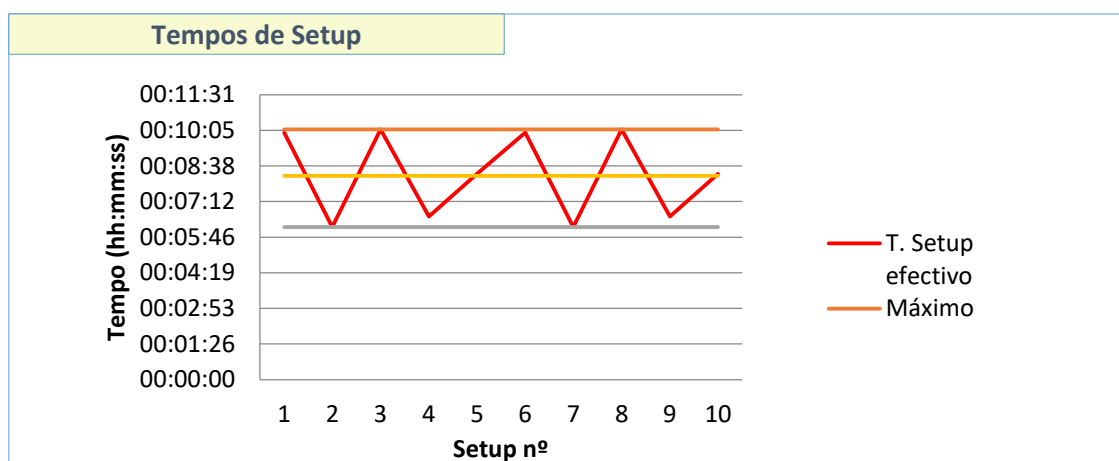


Gráfico 26 - Tempos de *setup* Fresadora Scharmann (Depois): Análise geral.

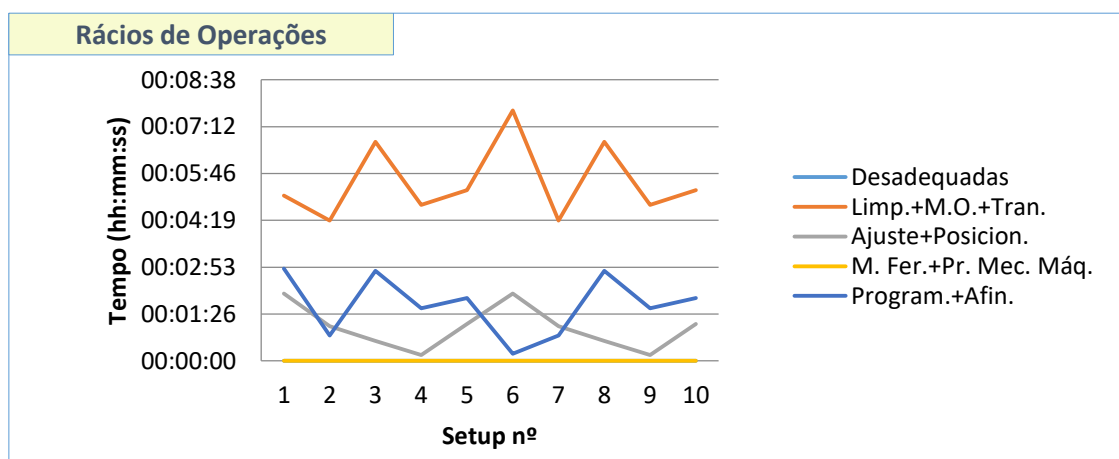


Gráfico 25 – Rácios de operações *setup* Fresadora Scharmann (Depois): Análise geral.

- **GANHOS QUANTITATIVOS:**

O balanço do *SMED* realizado nesta máquina é positivo, já que decorrente da análise prévia e da definição e implementação de novos procedimentos e melhoramentos nos postos de trabalho, foi possível reduzir o tempo médio de *setup* em cerca de 57%, conforme está explanado na tabela 41, isto é, dos 19 minutos e 4 segundos médios iniciais, passamos para os 8 minutos e 14 segundos médios atuais.

Tabela 41 - Melhorias SMED Maquinagem Fresadora Horizontal.

	Antes	Depois	Diferença
Médio	19:04	08:14	-56,82%
Máximo	22:26	10:07	-54,90%
Mínimo	15:26	06:10	-60,04%
Desvio Padrão	02:59	01:44	-41,90%

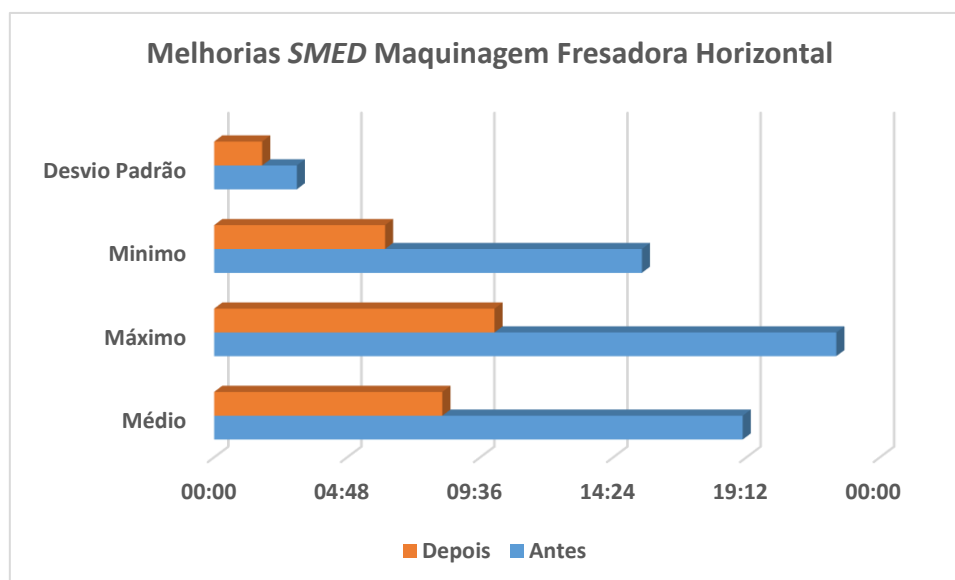


Gráfico 27 - Melhorias SMED Maquinagem Fresadora Horizontal.

O gráfico 27 permite uma melhor percepção gráfica das melhorias conseguidas com a implementação da ferramenta *lean SMED* na fresadora horizontal *Scharmann*.

- **GANHOS QUALITATIVOS:**

Padronização do trabalho e melhoria da organização do posto de trabalho.

II. ALTERAÇÃO DE AFETAÇÃO E GESTÃO DIÁRIA DO TRABALHO

Uma vez que a afetação e escalonamento do trabalho eram feitos manualmente por incorreções das gamas operatórias e deficiências no abastecimento de MP por parte do fornecedor interno, AA (Armazém de Aços), foram introduzidas as seguintes alterações:

- Criação de reunião intersectorial diária (@ 10:00), denominada "*Lean 5 Minutos*", onde os setores Logística, Armazém de Aços, Maquinagem Galgamento e Maquinagem Estruturas avaliam e identificam prioridades do dia e dia seguinte;
- Análise prévia semanal (global) e diária (específica) das peças a executar em função das prioridades identificadas e vantagens do seu processamento (*setup's* reduzidos por exemplo);
- Abastecimento da Maquinagem realizado JIT em função do planeado ao invés do abastecimento contínuo e ilimitado: para isso o parque geral de receção de MP foi

abolido e foram criados parques de abastecimento por máquina com capacidade para 2 peças;

- iv. A chefia do setor realiza o escalonamento diário das peças a executar em cada máquina;
- v. Foi criada uma nova sessão no *ERP* com o intuito de permitir visualização (informática) do estado atual das peças, tarefa a tarefa, conforme mostra a figura 26. Desta forma, os operadores podem concluir tarefa a tarefa, *on time*, de modo a facilitar a visualização da carga de trabalho (ver ponto seguinte).

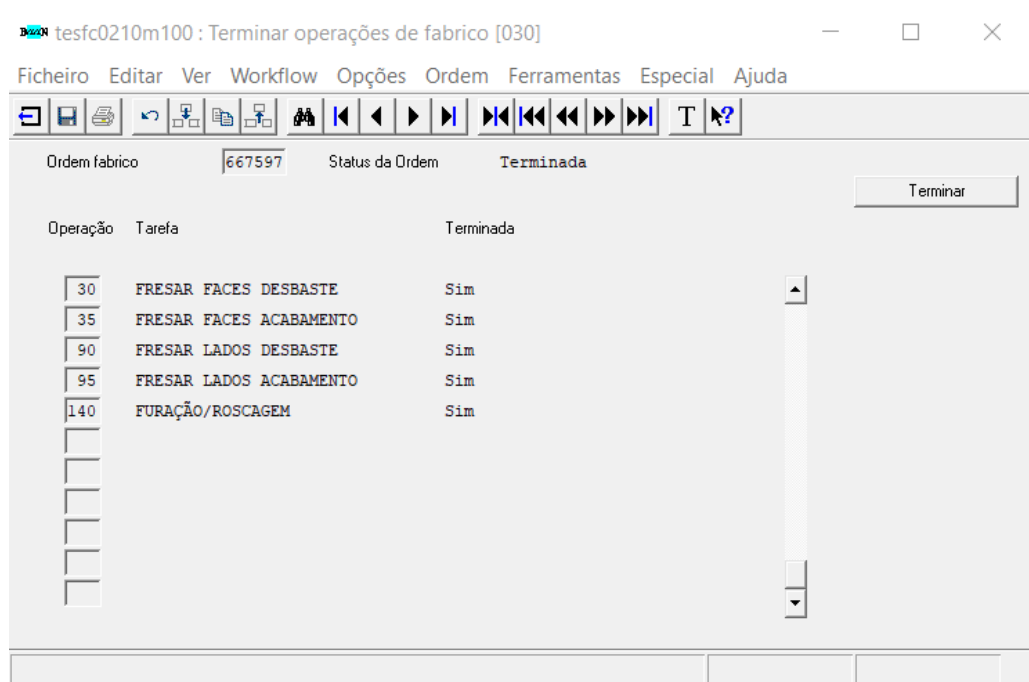


Figura 26 - Sessão *BAAN* Terminar operações de fabrico.

- vi. Melhoria do sistema de gestão da produção (software *RamGest*). Uma vez alterados tempos teóricos de fabrico e gamas operatórias, conforme será comprovado nos pontos 3.4.2 e 3.4.3, em associação com o desenvolvimento da sessão mostrada no ponto anterior, foi consequentemente possível visualizar carga, atrasos e permitir melhor gestão global do setor, de acordo com as figuras 27 e 28.

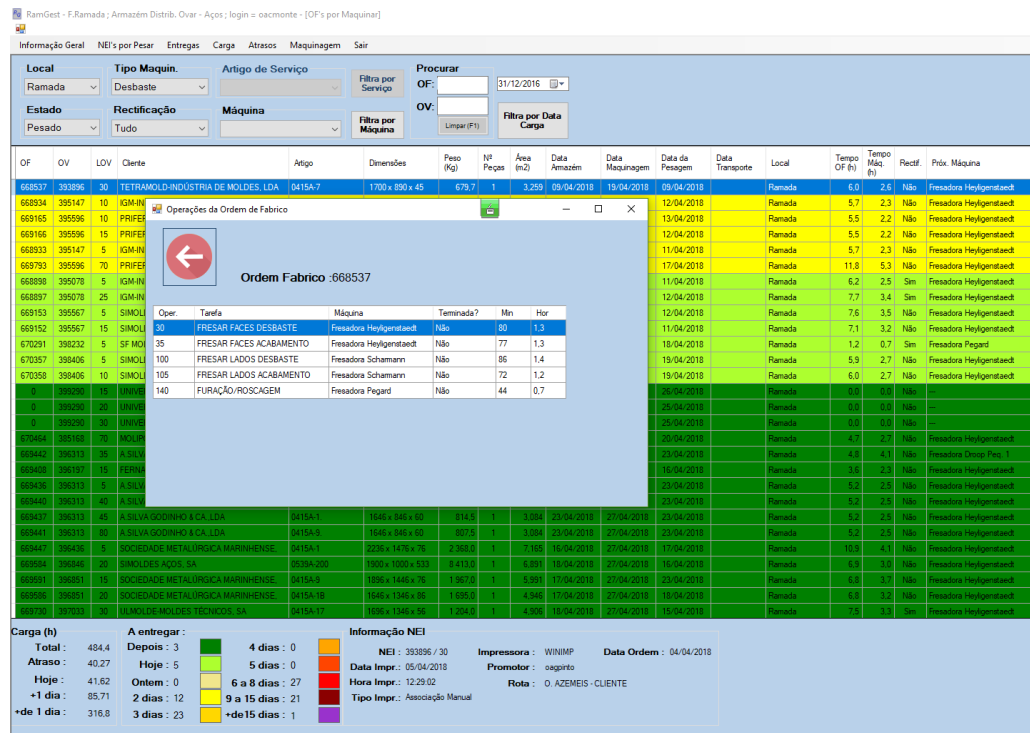


Figura 27 - *RamGest*: OF's em curso.

Carga Maquinagem						
Tempo (Horas)						
Centro de Trabalho	Carga Total	Em Atraso	Hoje	+ 1 dia	+ 2 dias	+ de 2 dias
Total	541,5	40,6	44,8	85,8	0,0	370,4
Fresadora Heyligenstaedt	196,6	17,1	18,0	37,9	0,0	123,5
Fresadora Pegard	134,1	20,5	9,8	14,5	0,0	89,2
Fresadora Schamann	82,9	2,6	12,2	19,7	0,0	48,5
Fresadora Droop Peq. 1	53,6	0,0	3,2	4,1	0,0	46,3
Retificadora Walldrich	24,9	0,0	0,0	5,3	0,0	19,5
Fresadora Burr	16,5	0,0	0,0	2,9	0,0	13,6
Fresadora Schamann Paletizada	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8
Peso (Kg)						
Centro de Trabalho	Peso Total	Em Atraso	Hoje	+ 1 dia	+ 2 dias	+ de 2 dias
Fresadora Heyligenstaedt	219 110	14 340	19 705	22 265	0	162 800
Subcontratação	103 668	27 099	22 661	20 407	0	33 502
Fresadora Droop Peq. 1	12 073	0	448	1 297	0	10 328
---	10 172	0	0	5 944	0	4 228
Fresadora Vertical/Horizontal	178	0	0	0	0	178
Fresadora AMADA	41	41	0	0	0	0
Nº de Peças						
Centro de Trabalho	Total de Peças	Em Atraso	Hoje	+ 1 dia	+ 2 dias	+ de 2 dias
Subcontratação	267	40	23	41	0	163
Fresadora Heyligenstaedt	69	7	6	13	0	43
Fresadora Droop Peq. 1	21	0	1	1	0	19
---	20	0	0	18	0	2
Fresadora AMADA	2	2	0	0	0	0
Fresadora Vertical/Horizontal	2	0	0	0	0	2
Nº de OF's						
Centro de Trabalho	Total de OF's	Em Atraso	Hoje	+ 1 dia	+ 2 dias	+ de 2 dias
---	225	94	11	23	0	97
Subcontratação	222	32	19	34	0	137
Fresadora Heyligenstaedt	68	6	6	13	0	43
Fresadora Droop Peq. 1	19	0	1	1	0	17
Fresadora Vertical/Horizontal	2	0	0	0	0	2
Fresadora AMADA	1	1	0	0	0	0

Figura 28 - *RamGest*: Carga do setor.

- vii. Apenas a chefia comanda os meios de movimentação de modo a realizar correto e atempado abastecimento e diminuir perdas com meios de movimentação (visão global das prioridades do setor ao invés da visão do operador mais focada e menos abrangente).
- **GANHOS QUALITATIVOS:**

Com as alterações atrás descritas foi conseguida a melhoria da comunicação, maior coordenação e organização e melhor visibilidade do *WIP*.

III. MELHORIA DE MEIOS DE MOVIMENTAÇÃO

Conforme referido anteriormente, foi alterado o procedimento de organização do trabalho, sendo a chefia o responsável pela movimentação das pontes para abastecimento de máquinas. Complementarmente, foi instalada uma grua de coluna/bandeira de 1000Kg com o intuito de oferecer maior autonomia às movimentações na zona da máquina *Scharmann* Paletizada (figura 29) e foram adquiridos dois eletroímãs (1T) manuais para movimentação de peças eletromagnéticas conforme ilustram as figuras 30 e 31.



Figura 29 - Grua de Coluna/Bandeira.



Figura 30 - Eletroímã Manual 1 de 1T.

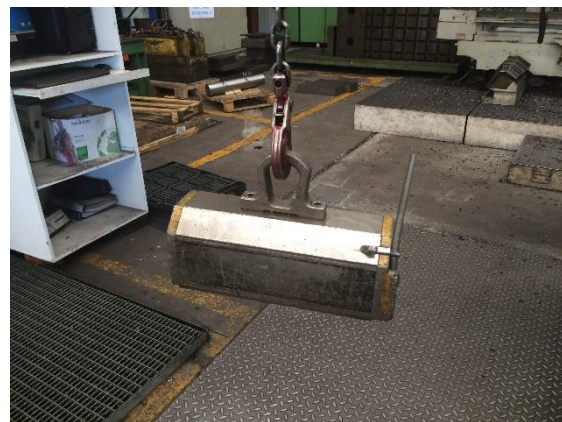


Figura 31 - Eletroímã Manual 2 de 1T.

- **GANHOS QUALITATIVOS:**

A instalação da grua de coluna/bandeira permitiu um aumento de autonomia, já que o abastecimento da máquina com peças do parque “em curso” ficou totalmente independente das pontes rolantes do setor.

- **GANHOS QUANTITATIVOS:**

O aumento do n.º de eletroímãs permitiu um ganho de 59% em tempo despendido na movimentação de peças entre 500Kg e 1 tonelada na zona em estudo, uma vez que os operadores deixaram de ter a necessidade de proceder à troca de equipamento para movimentar este tipo de peças quando o equipamento anteriormente colocado na ponte é de capacidade inferior.

3.4.2 GAMAS OPERATÓRIAS INDEFINIDAS/INCORRETAS

I. DEFINIÇÃO DE NOVAS GAMAS OPERATÓRIAS

Conforme descrito aquando da deteção das anomalias, torna-se fulcral corrigir:

- Erros ortográficos na designação das operações;
- Parque de máquinas;
- Designação das máquinas;
- Critérios em função das dimensões e pesos;
- Sequenciação de operações.

A nova definição dos pontos anteriormente descritos pode ser observada na tabela 34.

Tabela 42 - Nova gama operatória da Maquinagem.

Seq.	Operação	Máquina	Peso min	Peso máx	Comp min	Comp max	Larg min	Larg max	Espe min	Espe max	Ø min Fur o	Ø máx Fur o
1	Fresar Faces Desbaste	Fresadora Droop Peq. 1	0	6 000	0	1 500	0	800	0	600		
2	Fresar Faces Acabamento	Fresadora Droop Peq. 1	0	6 000	0	1 500	0	800	0	600		
3	Fresar Faces Desbaste	Fresadora Droop Peq. 2	0	6000	0	1500	0	800	0	600		
4	Fresar Faces Acabamento	Fresadora Droop Peq. 2	0	6000	0	1500	0	800	0	600		
5	Fresar Faces Desbaste	Fresadora Heyligenstaedt	0	20 000	0	2 800	0	1 800	0	1 500		
6	Fresar Faces Acabamento	Fresadora Heyligenstaedt	0	20 000	0	2 800	0	1 800	0	1 500		
7	Fresar Faces Desbaste	Fresadora Droop Rein	0	30000	0	4000	0	1600	0	1300		
8	Fresar Faces Acabamento	Fresadora Droop Rein	0	30000	0	4000	0	1600	0	1300		
9	Fresar Faces Desbaste	Fresadora Waldrich	0	30000	0	7000	0	1750	0	1200		
10	Fresar Faces Acabamento	Fresadora Waldrich	0	30000	0	7000	0	1750	0	1200		
11	Fresar Lados Desbaste	Fresadora Scharmann P	0	2000	0	1000	0	1000	0	400		
12	Fresar Lados Acabamento	Fresadora Scharmann P	0	2000	0	1000	0	1000	0	400		
13	Fresar Lados Desbaste	Fresadora Droop Peq. 1	0	6 000	0	1 500	0	800	0	600		
14	Fresar Lados Acabamento	Fresadora Droop Peq. 1	0	6 000	0	1 500	0	800	0	600		
15	Fresar Lados Desbaste	Fresadora Droop Peq. 2	0	6000	0	1500	0	800	0	600		
16	Fresar Lados Acabamento	Fresadora Droop Peq. 2	0	6000	0	1500	0	800	0	600		
17	Fresar Lados Desbaste	Fresadora Pegard	0	8 000	0	1 500	0	1 500	0	1 000		
18	Fresar Lados Acabamento	Fresadora Pegard	0	8 000	0	1 500	0	1 500	0	1 000		
19	Fresar Lados Desbaste	Fresadora Scharmann	0	12000	0	2200	0	1600	0	1000		
20	Fresar Lados Acabamento	Fresadora Scharmann	0	12000	0	2200	0	1600	0	1000		
21	Fresar Lados Desbaste	Fresadora Burr	0	30000	0	4900	0	1150	0	1000		
22	Fresar Lados Acabamento	Fresadora Burr	0	30000	0	4900	0	1150	0	1000		
23	Fresar Lados Desbaste	Fresadora Kollmann	0	32 000	0	5 000	0	1 200	0	1 000		
24	Fresar Lados Acabamento	Fresadora Kollmann	0	32 000	0	5 000	0	1 200	0	1 000		
25	Fresar Lados Desbaste	Fresadora Waldrich	0	30 000	0	7 000	0	1 750	0	1 200		
26	Fresar Lados Acabamento	Fresadora Waldrich	0	30 000	0	7 000	0	1 750	0	1 200		

27	Furação e Roscagem	Fresadora Pegard	0	2 000	0	2 000	0	1 000	0	500	M4 5
28	Furação e Roscagem	Fresadora Burr	0	2 000	0	2 000	0	1 000	0	500	M4 8 M6 4
29	Retificar Faces	Retificadora Favretto	0	2 000	0	2 000	0	1 000	0	500	
30	Retificar Lados	Retificadora Favretto	0	2 000	0	2 000	0	1 000	0	500	
31	Retificar Faces	Retificadora Schmaltz 1	0	8 000	0	4 200	0	1 700	0	1 000	
32	Retificar Lados	Retificadora Schmaltz 1	0	8 000	0	4 200	0	1 700	0	1 000	
33	Retificar Faces	Retificadora Schmaltz 2	0	8 000	0	4 200	0	2 000	0	1 000	
34	Retificar Lados	Retificadora Schmaltz 2	0	8 000	0	4 200	0	2 000	0	1 000	

- GANHOS QUALITATIVOS:**

Com as melhorias efetuadas foram notadas melhorias claras na padronização do trabalho e qualidade e fidedignidade da informação disponibilizada nas OF.

3.4.3 TEMPOS TEÓRICOS DE FABRICO INADEQUADOS/NÃO FIÁVEIS

I. CRIAÇÃO DE NOVAS FÓRMULAS DE CÁLCULO DOS TEMPOS DE FABRICO

Outro dos fatores importantes para o bom funcionamento do setor, está relacionado com a afinação dos tempos teóricos das diferentes operações, tal como o leitor poderá verificar nas tabelas 28 (Acabamento), 29 (Desbaste) e 30 (Retificação).

Tabela 43 - Novos tempos de execução da Maquinagem (Acabamento).

Operação	Tarefa	Máquina	Fórmula	S (min)	Q
Galga mento	Acaba mento	Fresar Faces	Fresadora Droop Peq. 1 $\text{Tempo_de_execução} = (([Acomp] * [Alarg])/100) * ([SEacab]/10) * Q * 2 + S$	20	Q a 1
		Fresar Faces	Fresadora Droop Peq. 2 $\text{Tempo_de_execução} = (([Acomp] * [Alarg])/100) * ([SEacab]/10) * Q * 2 + S$	20	Q a 1
		Fresar Faces	Fresadora Heyligenstae dt $\text{Tempo_de_execução} = (([Acomp] * [Alarg])/100) * ([SEacab]/10) * Q * 2 + S$	20	Q a 4
		Fresar Faces	Fresadora Droop Rein $\text{Tempo_de_execução} = (([Acomp] * [Alarg])/100) * ([SEacab]/10) * Q * 2 + S$	20	Q a 4
		Fresar Faces	Fresadora Waldrich $\text{Tempo_de_execução} = (([Acomp] * [Alarg])/100) * ([SEacab]/10) * Q * 2 + S$	30	Q a 5
		Fresar Lados	Fresadora Droop Peq. 1 $\text{Tempo_de_execução} = ((([Acomp] * [Aespe])/100) * ([SLacab]/10) * Q * 2) + ((([Alarg] * [Aespe])/100) * ([SCacab]/10) * Q * 2) + S$	10	Q a 1
		Fresar Lados	Fresadora Droop Peq. 2 $\text{Tempo_de_execução} = ((([Acomp] * [Aespe])/100) * ([SLacab]/10) * Q * 2) + ((([Alarg] * [Aespe])/100) * ([SCacab]/10) * Q * 2) + S$	10	Q a 1
		Fresar Lados	Fresadora Scharmann P $\text{Tempo_de_execução} = ((([Acomp] * [Aespe])/100) * ([SLacab]/10) * Q * 2) + ((([Alarg] * [Aespe])/100) * ([SCacab]/10) * Q * 2) + S$	10	Q a 1
		Fresar Lados	Fresadora Pegard $\text{Tempo_de_execução} = ((([Acomp] * [Aespe])/100) * ([SLacab]/10) * Q * 2) + ((([Alarg] * [Aespe])/100) * ([SCacab]/10) * Q * 2) + S$	10	Q a 1

Fresar Lados	Fresadora Scharmann	$\text{Tempo_de_execução} = ((([\text{Acomp}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{SLacab}] / 10) * Q * 2) + ((([\text{Alarg}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{SCacab}] / 10) * Q * 2) + S$	10	Q a 1
Fresar Lados	Fresadora Burr	$\text{Tempo_de_execução} = ((([\text{Acomp}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{SLacab}] / 10) * Q * 2) + ((([\text{Alarg}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{SCacab}] / 10) * Q * 2) + S$	30	Q a 2
Fresar Lados	Fresadora Kollmann	$\text{Tempo_de_execução} = ((([\text{Acomp}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{SLacab}] / 10) * Q * 2) + ((([\text{Alarg}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{SCacab}] / 10) * Q * 2) + S$	30	Q a 2
Fresar Lados	Fresadora Waldrich	$\text{Tempo_de_execução} = ((([\text{Acomp}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{SLacab}] / 10) * Q * 2) + ((([\text{Alarg}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{SCacab}] / 10) * Q * 2) + S$	30	Q a 3

Tabela 44 - Novos tempos de execução da Maquinagem (Desbaste).

Galga ment o	Des bast e	Fresa Faces	Fresadora Droop Peq. 1	$\text{Tempo_de_execução} = ((([\text{Acomp}] * [\text{Alarg}]) / 100) * ([\text{EspInicial} - \text{EspFinal}] / 10) * Q * 2) + S$	20	Q d 1
		Fresa Faces	Fresadora Droop Peq. 2	$\text{Tempo_de_execução} = ((([\text{Acomp}] * [\text{Alarg}]) / 100) * ([\text{EspInicial} - \text{EspFinal}] / 10) * Q * 2) + S$	20	Q d 1
		Galga Faces	Fresadora Heyligenstaedt	$\text{Tempo_de_execução} = ((([\text{Acomp}] * [\text{Alarg}]) / 100) * ([\text{EspInicial} - \text{EspFinal}] / 10) * Q * 2) + S$	20	Q d 4
		Fresa Faces	Fresadora Droop Rein	$\text{Tempo_de_execução} = ((([\text{Acomp}] * [\text{Alarg}]) / 100) * ([\text{EspInicial} - \text{EspFinal}] / 10) * Q * 2) + S$	20	Q d 4
		Fresa Faces	Fresadora Waldrich	$\text{Tempo_de_execução} = ((([\text{Acomp}] * [\text{Alarg}]) / 100) * ([\text{EspInicial} - \text{EspFinal}] / 10) * Q * 2) + S$	30	Q d 5
		Fresa Lados	Fresadora Droop Peq. 1	$\text{Tempo_de_execução} = (((([\text{Acomp}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{LargInicial} - \text{LargFinal}] / 10) * Q * 2) + ((([\text{Alarg}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{CompInicial} - \text{CompFinal}] / 10) * Q * 2) + S$	10	Q d 1
		Fresa Lados	Fresadora Droop Peq. 2	$\text{Tempo_de_execução} = (((([\text{Acomp}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{LargInicial} - \text{LargFinal}] / 10) * Q * 2) + ((([\text{Alarg}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{CompInicial} - \text{CompFinal}] / 10) * Q * 2) + S$	10	Q d 1
		Fresa Lados	Fresadora Scharmann P	$\text{Tempo_de_execução} = (((([\text{Acomp}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{LargInicial} - \text{LargFinal}] / 10) * Q * 2) + ((([\text{Alarg}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{CompInicial} - \text{CompFinal}] / 10) * Q * 2) + S$	10	Q d 1
		Fresa Lados	Fresadora Pegard	$\text{Tempo_de_execução} = (((([\text{Acomp}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{LargInicial} - \text{LargFinal}] / 10) * Q * 2) + ((([\text{Alarg}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{CompInicial} - \text{CompFinal}] / 10) * Q * 2) + S$	10	Q d 1
		Fresa Lados	Fresadora Scharmann	$\text{Tempo_de_execução} = (((([\text{Acomp}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{LargInicial} - \text{LargFinal}] / 10) * Q * 2) + ((([\text{Alarg}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{CompInicial} - \text{CompFinal}] / 10) * Q * 2) + S$	10	Q d 1
		Fresa Lados	Fresadora Burr	$\text{Tempo_de_execução} = (((([\text{Acomp}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{LargInicial} - \text{LargFinal}] / 10) * Q * 2) + ((([\text{Alarg}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{CompInicial} - \text{CompFinal}] / 10) * Q * 2) + S$	30	Q d 2
		Fresa Lados	Fresadora Kollmann	$\text{Tempo_de_execução} = (((([\text{Acomp}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{LargInicial} - \text{LargFinal}] / 10) * Q * 2) + ((([\text{Alarg}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{CompInicial} - \text{CompFinal}] / 10) * Q * 2) + S$	30	Q d 2
		Fresa Lados	Fresadora Waldrich	$\text{Tempo_de_execução} = (((([\text{Acomp}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{LargInicial} - \text{LargFinal}] / 10) * Q * 2) + ((([\text{Alarg}] * [\text{Aespe}]) / 100) * ([\text{CompInicial} - \text{CompFinal}] / 10) * Q * 2) + S$	30	Q d 3

Tabela 45 - Novos tempos de execução da Maquinagem (Retificação).

Retificaç ão	Retificar Faces	Retificadora Favretto	$\text{Tempo_de_execução} = (((([\text{Acomp}] * [\text{Alarg}] * 0,48) / 1000) / 150 * 2) + S$	10
	Retificar Faces	Retificadora Schmaltz 1	$\text{Tempo_de_execução} = (((([\text{Acomp}] * [\text{Alarg}] * 0,48) / 1000) / 150 * 2) + S$	10
	Retificar Faces	Retificadora Schmaltz 2	$\text{Tempo_de_execução} = (((([\text{Acomp}] * [\text{Alarg}] * 0,48) / 1000) / 150 * 2) + S$	10
	Retificar Lados	Retificadora Favretto	$\text{Tempo_de_execução} = (((([\text{Acomp}] * [\text{Alarg}] * 0,48) / 1000) / 150 * 2) + S$	10
	Retificar Lados	Retificadora Schmaltz 1	$\text{Tempo_de_execução} = (((([\text{Acomp}] * [\text{Alarg}] * 0,48) / 1000) / 150 * 2) + S$	10
	Retificar Lados	Retificadora Schmaltz 1	$\text{Tempo_de_execução} = (((([\text{Acomp}] * [\text{Alarg}] * 0,48) / 1000) / 150 * 2) + S$	10

Retificar Lados	Retificadora Schmaltz 2	Tempo_de_execução = ((([Acomp] * [Alarg] * 0,48) / 1000) / 150 * 2) + S	1 0
--------------------	----------------------------	---	--------

Legenda: Inicial = Dimensão proveniente do corte/cliente [mm]; Final = Dimensão pretendida pelo cliente [mm]; S = Setup [min]; Qa = Taxa de remoção de acabamento [min/cm³]; Qd = Taxa de remoção de desbaste [min/cm³]

Para melhor percepção dos cálculos realizados, será apresentada na secção anexos sucinta explicação.

É notória a inserção de diversas variáveis (tais como Qd's, Qa's e S) de modo a facilitar a percepção futura e eventual alteração/manutenção de dados.

II. ATUALIZAÇÃO DE PARÂMETROS DA MAQUINAGEM

Foi realizada revisão dos parâmetros referente a inserção de novas ferramentas de corte, afixada nova informação e atualizados os dados no *ERP*.

Antes de explanarmos essa informação (ver tabela 31), é importante realizar breve explicação gráfica acerca das variáveis envolvidas em Fresagem, mais concretamente, Fresagem Frontal através das figuras 32 e 33.

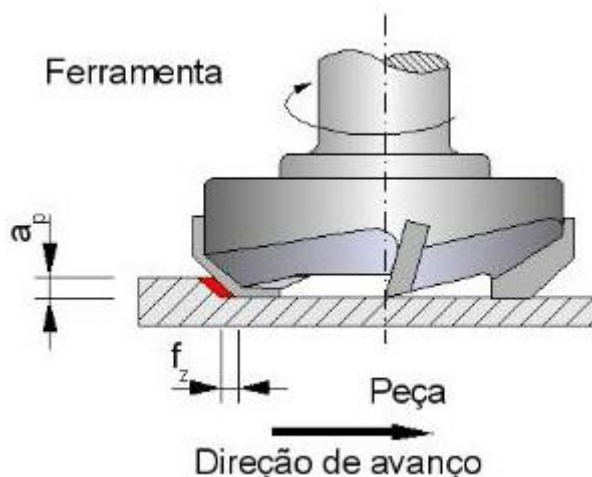


Figura 32 - Variáveis da Fresagem (1).

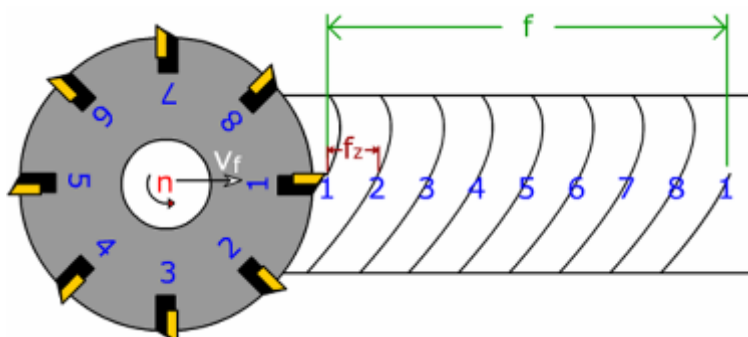


Figura 33 - Variáveis da Fresagem (2).

Q = Taxa remoção material (MRR) [cm³/min] (8)

a_p = Profundidade axial [mm]

a_e = Profundidade radial [mm]

V_f = Velocidade avanço [mm/min]

V_c = Velocidade corte [m/min] (10)

Z_n = N.º Dentes

n = Frequência [rpm]

f_z = Avanço por dente [mm/dente] (9)

$$Q = (ae * an * Vf) / 1000$$

$$fz = Vf / (Zn * n)$$

$$Vc = (n * \pi * ae) / 1000$$



Tabela 46 - Novos parâmetros da Maquinagem.

Descrição Tarefa	Q	ae [mm]	ap [mm]	Vf [mm/min]	Q [min/cm3]
Fresar Faces Des.	Qd1	100	1,5	2500	0,002667
Fresar Faces Aca.	Qa1	100	0,3	1000	0,033333
Fresar Lados Des.	Qd2	140	4	800	0,002232
Fresar Lados Aca.	Qa2	140	0,3	1000	0,02381
Fresar Lados Des.	Qd3	100	2,5	1500	0,002667
Fresar Lados Aca.	Qa3	100	0,3	500	0,066667
Fresar Faces Des.	Qd4	135	1,5	3000	0,001646
Fresar Faces Aca.	Qa4	135	0,3	1000	0,024691
Fresar Faces Des.	Qd5	190	8	400	0,001645
Fresar Faces Aca.	Qa5	190	0,3	500	0,035088

- **GANHOS QUALITATIVOS:**

A alteração das fórmulas de corte associada à atualização de parâmetros de Maquinagem permitiu um incremento de qualidade de informação e validade da informação presente nos documentos de produção e *software* de apoio.

Será apresentada abaixo, de acordo com a figura 34, uma OF com a definição correta das gamas operatórias e novos tempos de fabrico.

Data: 15/05/18 [23:36] ORDENS FABRICO DE MAQUINAGEM  Página : 1
 Ramada Aços, S.A. O.V.  673161 Companhia: 030
 0301404849015

Projecto : 404849/ 15 AÇO F10 C/ 2400 x1430 x80 Qtd. Pedida : 1,0000
 Artigo : 0415A-17 Qtd. Entregue: 0,0000
 Ordem fabrico: 673161 Data Planeada: 16/05/18
 Armazém : 101 Armazém Distrib. Ovar - Aços Data plan.rec: 25/05/2018
 Rota: O. AZEMEIS - CLIENTE

Opções de Configuração :

Característica	Opção	Descrição
Toler. Comp/largura	-0 +0.1	
Toler. Espessura	-0 +0.02	
Molde n°	2627	
Rectificar (s/n)	s	Tem rectificação
Dimensão a rectificar face 1	80	
Furação/Roscagem (s/n)	s	Tem furação/roscagem
Tipo de Angulo	2x 45°	
Peças Pequenas (s/n)	n	Não

Gama Operatória:

Op.	Descrição	Centro de Trabalho	T. Fab(min)
30	FRESAR FACES DESBASTE	Fresadora Heyligenstaedt	131
35	FRESAR FACES ACABAMENTO	Fresadora Heyligenstaedt	125
130	FRESAR LADOS DESBASTE	Retificadora Waldrich	72
135	FRESAR LADOS ACABAMENTO	Retificadora Waldrich	257
140	FURAÇÃO/ROSCAGEM	Fresadora Pegard	89
160	RETIFICAR FACES	Retificadora Shmaltz 1	46

Observações:

REGISTO DE DADOS DE INICIO DE PROCESSO

Comprimento	Largura	Espessura	Data	Operador

REGISTO DE DADOS DE CONTROLO PROCESSO

Operação	Data	Rub. Operador	Observações
30			
35			
130			
135			
140			
160			
0			

Informação adicional Peso balança: 2477,000 Data pesagem: 15/05/2018

D2207-1

Figura 34 - Ordem de fabrico da Maquinagem (Depois).

3.4.4 OCORRÊNCIA SIGNIFICATIVA DE NC INTERNAS/EXTERNAS

I. FORMAÇÃO DE OPERADORES

Foram realizadas formações individuais (por operador) com duração de 8 horas acerca de procedimento de *setup*, controlo dimensional de peças com paquímetro e micrómetro, controlo visual de peças e análise da OF.

Por forma a realizar uma comparação com o período homólogo e avaliar possíveis progressos, serão apresentados de seguida os casos de Não Qualidade (externa e interna, conforme gráficos 28 e 29 respetivamente), registados no Sistema de Qualidade da empresa decompostos por responsabilidade de setor entre Janeiro e Junho de 2018.

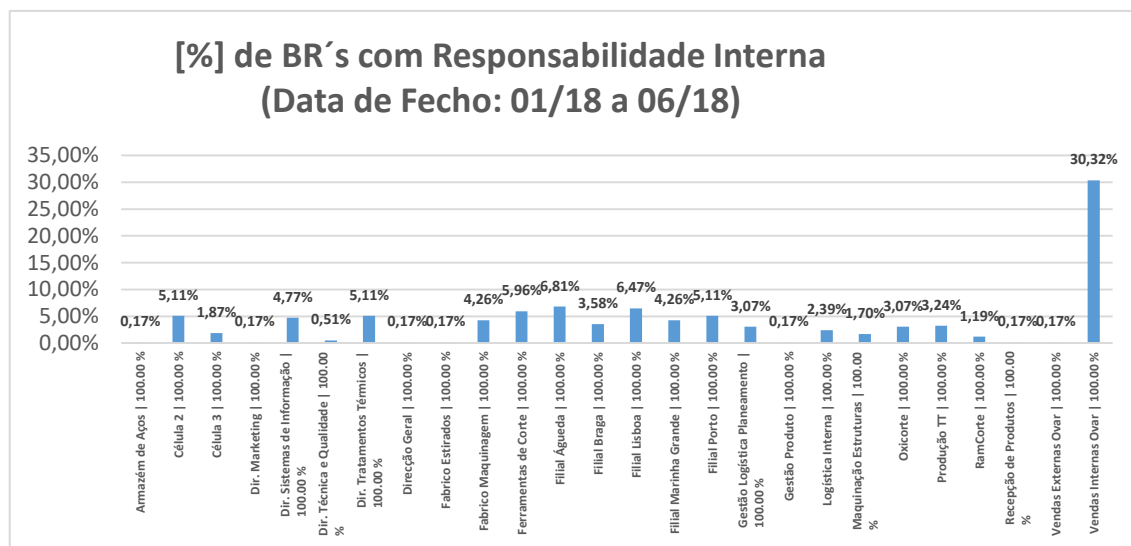


Gráfico 28 - BR's 2018 Maquinagem (Geral).

N.º total de ocorrências: 587

N.º de ocorrências do setor de Maquinagem: 25

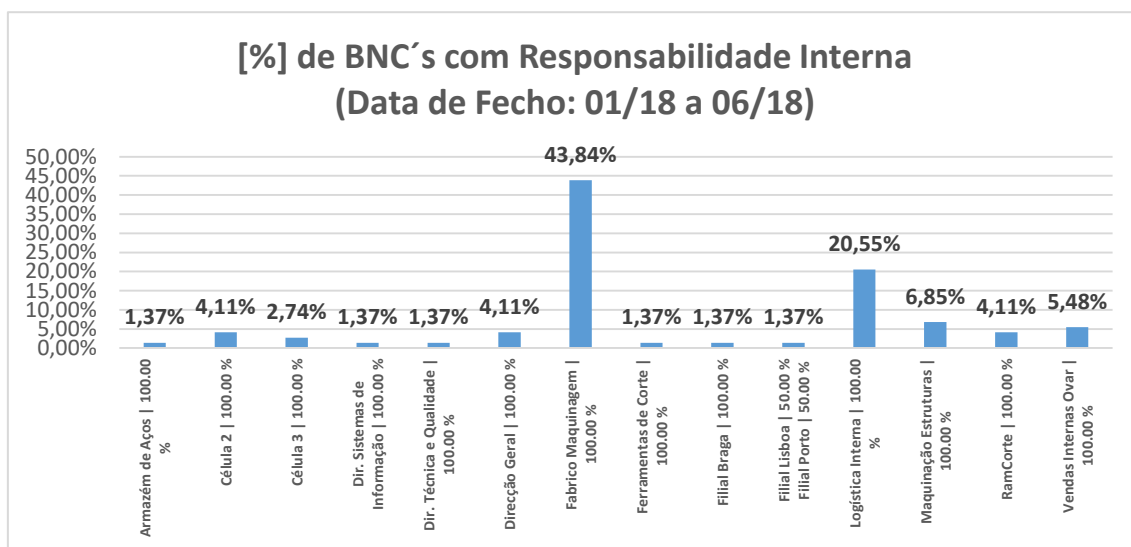


Gráfico 29 - BNC's 2018 Maquinagem (Geral).

N.º total de ocorrências: 73

N.º de ocorrências do setor de Maquinagem: 32

Verifica-se que existiu um aumento significativo de NC na empresa, mais concretamente de 42,3% em BR e 58,7% em BNC. Tal facto pode ser explicado pela criação de um setor dedicado apenas ao Apoio a Cliente e designado dessa mesma forma.

Consequentemente, o tratamento e acompanhamento destes processos passou a ser seguida mais de perto e com menos falhas, querendo isto dizer que todas as pequenas falhas passaram também a ser registadas, levando a um aumento considerável de casos. Em relação apenas à Maquinagem, nota-se um decréscimo de 3,85% em BR e um aumento de 45,45% em BNC. Este aumento será proveniente do explicado no parágrafo anterior e devido também ao aumento de encomendas correspondendo a 3,5% em relação a 2017.

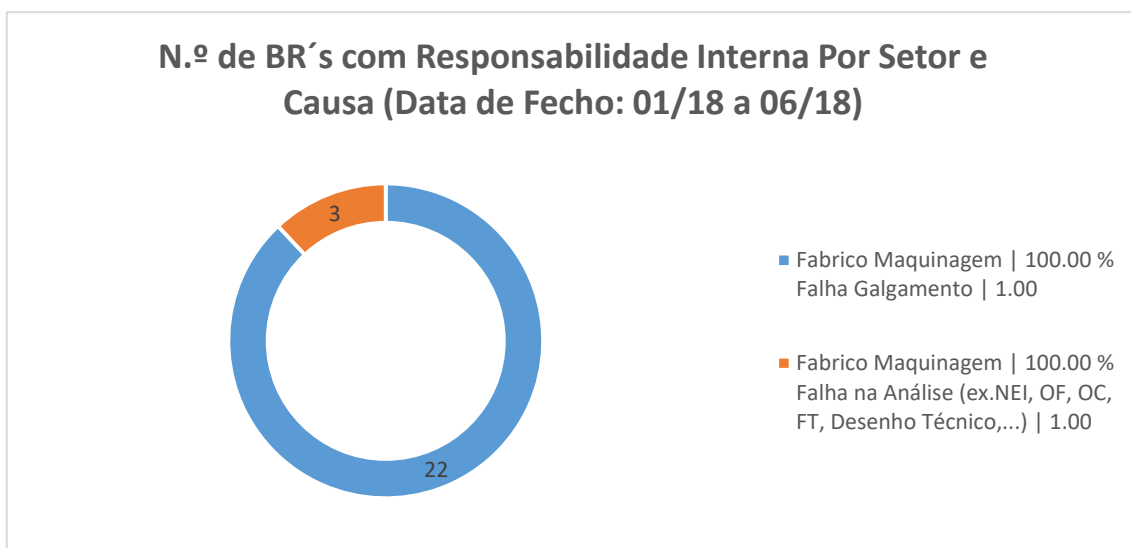


Gráfico 30 - BR's 2018 Maquinagem (Causa).

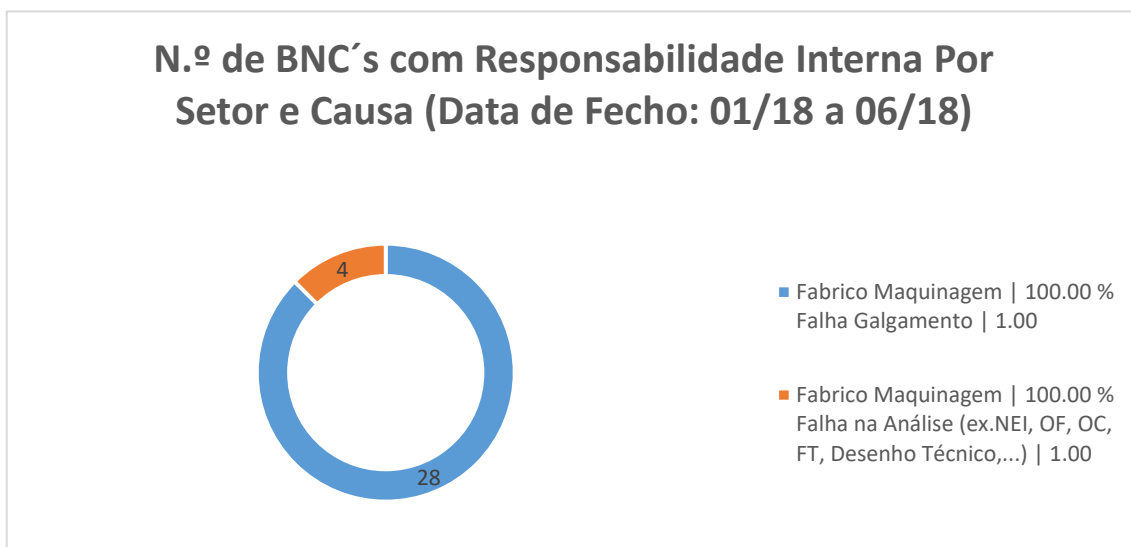


Gráfico 31 - BNC's 2018 Maquinagem (Causa).

Importa também decompor novamente os processos ocorridos pela sua causa, de acordo com o gráfico 30 (BR's) e 31 (BNC's).

Fica evidente que em casos de processos internos (BR's), como em externos (BNC's), foi apurado pela empresa que a principal causa de falhas foi a Falha no Galgamento (nova nomenclatura para a antiga causa Erro de Operador). Quer isto dizer que a causa se mantém.

Muito importante para esta análise é referir que em termos percentuais, a ocorrência de casos de NC no setor da Maquinagem diminui 2,04% (BR) e 3,99% (BNC) no período de Janeiro a Junho de 2017 para 2018, significando que apesar de ténue progresso, as alterações implementadas provocaram alguma melhoria.

Para facilitar esta análise global, serão apresentados na tabela 39 dados referidos anteriormente.

Tabela 47 - Análise Melhorias Qualidade.

	BR Tot.	BNC Tot.	BR Maq.	BNC Maq.	[%] BR Maq.	[%] BNC Maq.	Encomendas
2017	413	46	26	22	6,3	47,83	998
2018	587	73	25	32	4,26	43,84	1032
[%] Evolução	42,13%	58,70%	-3,85%	45,45%	-2,04%	-3,99%	3,48%

II. VERIFICAÇÃO FINAL ADICIONAL (DUPLO CONTROLO)

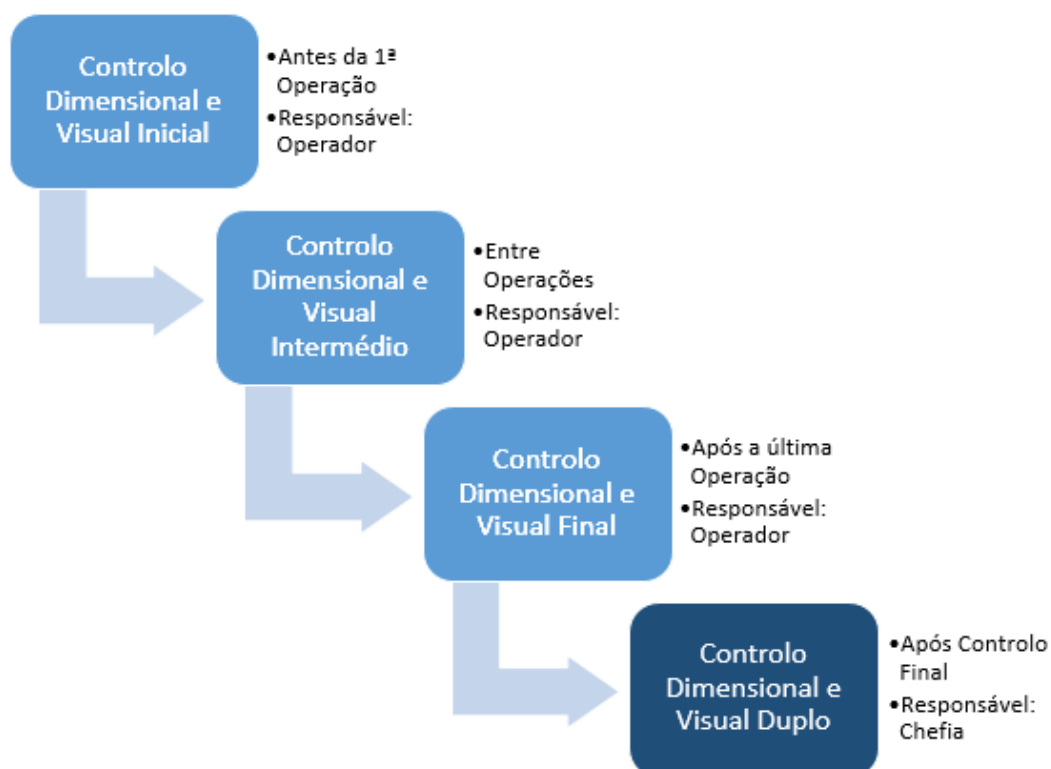


Figura 35 - Duplo controlo da Maquinagem.

Uma vez que a maioria dos erros ocorridos são causados por falha de operador e após sua própria verificação, foi criado um novo procedimento com uma nova tarefa final, tal como demonstra a figura 35.

- **GANHOS QUALITATIVOS:**

A verificação final adicional (duplo controlo) permitiu aumentar a confiança do trabalho realizado e a formação conferiu maior apetência técnica aos operadores.

- **GANHOS QUANTITATIVOS:**

Foram contabilizados ganhos na ocorrência de NC, isto é, -2,04% de BR e -3,99% de BNC em relação ao n.º total de ocorrências comparando o período que decorre entre Janeiro e Junho de 2017 e 2018.

3.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

No âmbito da análise dos resultados das oportunidades de melhoria implementadas, importa citar o seguinte:

Referente à oportunidade de melhoria “Baixos tempos produtivos/taxas de fabrico” e às respetivas soluções encontradas:

Diminuição de tempos de *setup* recorrendo à ferramenta *lean SMED*:

Na análise inicial foi detetado o dispêndio de tempo em demasia na troca de peças para Maquinagem de faces e laterais, tanto em fresadoras verticais como em horizontais. Através das melhorias implementadas foi possível diminuir o tempo de *setup* em 40% na Maquinagem de faces e de 57% na Maquinagem de laterais.

Alteração da afetação e gestão diária do trabalho:

Visto que a afetação e escalonamento do trabalho eram feitos de forma manual por incorreções das gamas operatórias e deficiências no abastecimento de MP por parte do fornecedor interno, AA, foi criada uma reunião intersectorial diária onde os setores Logística, Armazém de Aços, Maquinagem Galgamento e Maquinagem Estruturas avaliam e identificam prioridades do dia e dia seguinte;

Passou também a ser realizada análise prévia semanal (global) e diária (específica) das peças a executar em função das prioridades identificadas e vantagens do seu processamento;

O Abastecimento da Maquinagem passou a ser realizado JIT em função do planeado ao invés do abastecimento contínuo e ilimitado: para isso o parque geral de receção de MP foi abolido e foram criados parques de abastecimento por máquina com capacidade para 2 peças;

Por outro lado, a chefia do setor passou a realizar o escalonamento diário das peças a executar em cada máquina;

Finalmente, foi criada uma nova sessão no *ERP* com o intuito de permitir visualização (informática) do estado atual das peças, tarefa a tarefa.

Com este conjunto de operações foi possível melhorar a comunicação, obter maior coordenação e organização e melhorar a visibilidade do *WIP*, não sendo ainda possível quantificar essas melhorias.

Melhoria de meios de movimentação:

Com o intuito de melhorar os meios de movimentação e a forma como eram realizados, foi alterado o procedimento de organização do trabalho, sendo a chefia o responsável pela movimentação das pontes para abastecimento de máquinas. Foi também instalada uma grua de coluna/bandeira de 1000Kg com o intuito de oferecer maior autonomia às movimentações junto à fresadora *Scharmann* Paletizada e foram adquiridos dois eletroímãs manuais com capacidade de 1 tonelada para movimentação de peças.

Com isto, foi possível melhorar autonomia e diminuir em 59% o tempo despendido na movimentação de peças até 1 tonelada.

No que diz respeito a “Gamas operatórias indefinidas/incorretas” e à solução correspondente:

Definição de novas gamas operatórias:

Foi também detetada aquando da análise primária a incorreção nas gamas operatórias, algo que perturbava a análise da carga, afetação do trabalho e a própria formação de operadores, já que a informação presente nas OF não correspondia à realidade, desde o parque de máquinas até a própria sequência de operações.

Após as alterações e correções efetuadas foi possível atingir maior padronização do trabalho, maior qualidade de informação e informação mais fidedigna.

Relacionado com a oportunidade de melhoria “Tempos teóricos de fabrico inadequados/não fiáveis” e a soluções encontradas:

Criação de novas fórmulas de cálculo dos tempos de fabrico:

Outro dos aspetos carente de melhoria estava relacionado com as fórmulas de cálculo dos tempos teóricos de fabrico. Uma vez que estas eram incorretas, não espelhavam a real carga laboral do setor aquando da realização da análise da mesma, provocando naturais incorreções nas previsões de entrega e naturais problemas posteriores.

Com a criação de novas fórmulas foi possível incrementar a qualidade de informação e a validade da mesma.

Atualização de parâmetros de Maquinagem:

Na sequência do ponto anterior, para que a informação fosse ainda mais fidedigna e real, tornou-se fulcral atualizar os parâmetros de Maquinagem conforme os utilizados na própria fábrica.

Realizada essa atualização foi incrementada também a qualidade e validade da informação.

Finalmente, referente à oportunidade de melhoria “Ocorrência significativa de NC internas/externas” e às respetivas soluções encontradas:

Formação de operadores:

Foram realizadas formações individuais (por operador) com duração de 8 horas acerca de procedimento de *setup*, controlo dimensional de peças com paquímetro e micrómetro, controlo visual de peças e análise da OF.

Estas formações conferiram maior apetência técnica aos operadores.

Verificação final adicional (duplo controlo):

Finalmente e uma vez que a maioria dos erros ocorridos são causados por falha de operador, após sua própria verificação, foi criado um novo procedimento com uma nova tarefa final, isto é, uma verificação final adicional ou duplo controlo.

Desta forma, foi aumentada a confiança no trabalho realizado e diminuiu-se em 2,04% a ocorrência de BR e 3,99% a ocorrência de BNC.

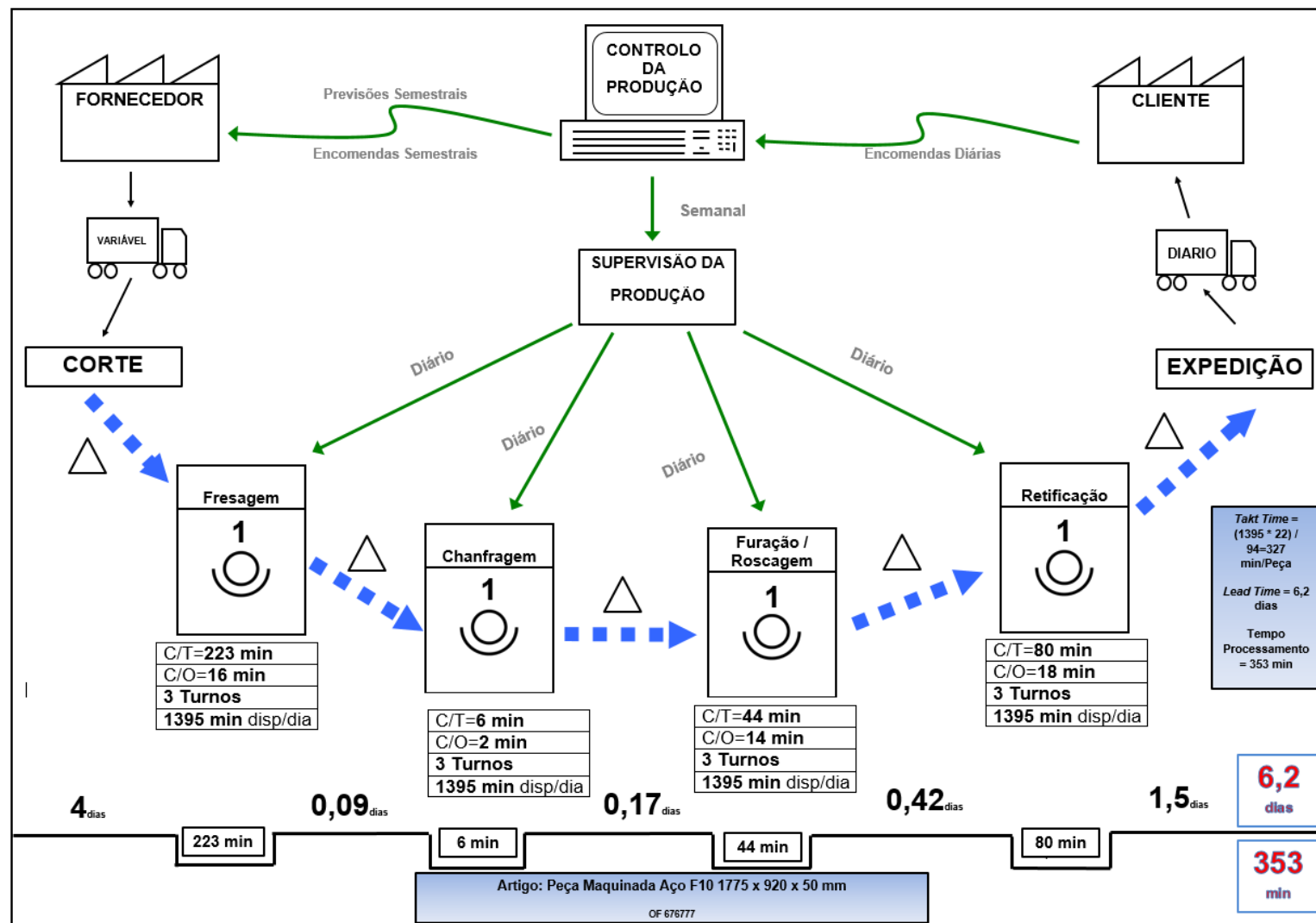


Figura 36 - VSM do Subprocesso Execução da Maquinagem (Depois).

Em suma, na tabela 39, são apresentados ganhos e melhorias referentes às soluções anteriormente descritas e apresentadas.

Tabela 48 - Análise dos resultados das propostas implementadas.

Oportunidade de Melhoria	Proposta/Solução	Ganhos Qualitativos	Ganhos Quantitativos
Baixos tempos produtivos/taxas de fabrico	Diminuição de tempos de <i>setup</i> recorrendo à ferramenta <i>lean SMED</i> .	Padronização do trabalho e melhoria da organização do posto de trabalho.	-40% (Droop Rein); -57% (Scharmann).
	Alteração da afetação e gestão diária do trabalho.	Melhoria da comunicação, maior coordenação e organização e melhor visibilidade do <i>WIP</i> .	Ainda não foi possível quantificar este parâmetro.
	Melhoria de meios de movimentação.	Aumento de autonomia.	-59% em tempo despendido na movimentação de peças até 1 tonelada.
Gamas operatórias indefinidas/incorrectas	Definição de novas gamas operatórias.	Mais padronização do trabalho. Maior qualidade de informação e mais fidedigna.	Parâmetro não quantificável.
Tempos teóricos de fabrico inadequados/não fiáveis	Criação de novas fórmulas de cálculo dos tempos de fabrico.	Incremento de qualidade de informação e	Parâmetro não quantificável.
	Atualização de parâmetros de Maquinagem.	validade da mesma.	Parâmetro não quantificável.
Ocorrência significativa de NC internas/externas"	Formação de operadores.	Maior apetência técnica dos colaboradores.	-2,04% (BR);
	Verificação final adicional (duplo controlo).	Mais confiança no trabalho realizado.	-3,99% (BNC).

CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

4.1 PRINCIPAIS CONTRIBUTOS DO TRABALHO

4.2 CONCLUSÕES

4.3 CONTRIBUTOS CIENTÍFICOS

4.4 TRABALHO FUTURO

4 CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica – Ramo Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto e foi realizado em contexto de trabalho numa empresa do setor metalomecânico.

4.1 PRINCIPAIS CONTRIBUTOS DO TRABALHO

Os principais contributos do trabalho realizado são:

- Diminuição de tempo de *setup* de 40% em fresadora vertical e 57% em fresadora horizontal;
- Diminuição de 59% de dispêndio de tempo em movimentação de peças até 1000Kg;
- Diminuição da ocorrência de NC, mais concretamente 2,04% de BR e 3,99% de BNC;

Decorrentes das melhorias discriminadas, importa ainda registar:

- Criação de novos procedimentos de *setup*;
- Criação de novos procedimentos de afetação de trabalho;
- Melhoria de meios de movimentação;
- Ajudas visuais e padronização do trabalho;
- Nova etapa de controlo final de peças;
- Formação técnica de operadores.

4.2 CONCLUSÕES

Estando atualmente a indústria em evolução acentuada e cada vez mais em voga a digitalização e automatização (a designada Indústria 4.0), mas tendo em conta que no setor em análise a rentabilidade não permite fortes investimentos, é necessário realizar mudanças simples com ganhos avultados.

Este trabalho demonstra que com envolvimento de todos, mesmo trabalhando em processos bastante manuais e com baixo investimento é possível gerar melhorias consideráveis.

Fica também provado que a utilização de uma única ferramenta *lean* não é possível, visto que é necessária a utilização de várias delas e conceitos relacionados em simultâneo ou para justificar uma outra geral que necessita de várias durante a sua realização.

Finalmente, a conjugação de todas as tarefas e trabalho realizado permitiu diminuir em 40% o tempo de *setup* em fresadora vertical e 57% em fresadora horizontal, diminuir também 59% do tempo em movimentação de peças até 1000Kg e a ocorrência de NC, mais concretamente 2,04% de BR e 3,99% de BNC.

4.3 CONTRIBUTOS CIENTÍFICOS

Durante a realização da presente dissertação, o trabalho realizado permitiu a produção de dois artigos científicos. O primeiro artigo, intitulado *“Improving the machining process of the metalworking industry using the Lean tool SMED”* e o segundo artigo, denominado por *“Improving the machining process of the metalworking industry upgrading opeartive ranges, standard manufacturing times and production procedure changes”*. Ambos foram enviados para uma revista científica e aguardam aceitação.

4.4 TRABALHO FUTURO

Os conceitos chave relacionado com os trabalhos futuros a desenvolver na empresa estão relacionados com padronização, uniformização e sistema informático.

Foi notório durante o trabalho que apesar de existirem alguns procedimentos, estes não eram cumpridos, significando isto que cada operador realiza uma parte considerável da tarefa da forma que acha mais correta, não cumprindo os pressupostos *standard*.

Outra questão será quantificar as melhorias implementadas para combater os baixos tempos produtivos/taxas de fabrico, mais concretamente a alteração da afetação e gestão diária do trabalho.

Será também importante reforçar formação e outras melhorias em máquinas com o intuito de diminuir casos de NQ.

Será também recomendável melhorar a quantificação de indicadores produtivos, uma vez que uma simples análise produtiva diária é bastante trabalhosa, sendo algumas mesmo impossíveis por incapacidade do sistema informático atualmente em uso. A implementação de um novo ERP até ao final do corrente ano irá eliminar todas essas dificuldades e desperdícios. Facilitará também a afetação do trabalho, e permitirá melhor gestão do trabalho prévio e em curso.

Está já em curso o alargamento da implementação de melhorias decorrentes do *SMED* realizado, uma vez que a esmagadora maioria das máquinas tem muitas semelhanças no seu funcionamento.

Finalmente, o alargamento da instalação de guias de bandeira a todas as máquinas deverá trazer ganhos consideráveis ao setor em análise.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

Al-Sudairi, A., Diekmann, J., Songer, A. & Brown, H. (1999) *Simulation of Construction Processes: Traditional Practices Versus Lean Principles*. Proceedings IGLC-7 Seventh Conference of the International Group for Lean Construction. University of California, Berkeley, California, USA

Alves, A., Dinis-Carvalho, J., Sousa, R., Moreira, F. & Lima, R. (2011) *Benefits of Lean Management: Results From Some Industrial Cases in Portugal*. Conference Paper. University of Minho, School of Engineering, Department Of Production and Systems, Portugal. Edições INEGI

Arunagiri, P. & Gnanavelbabu, A. (2014) *Identification of High Impact Lean Production Tools in Automobile Industries using Weighted Average Method*. 12th GLOBAL CONGRESS ON MANUFACTURING AND MANAGEMENT. Procedia Engineering 97 (2014) 2072 – 2080. Elsevier

Ascensão, P. (2017) *Compete 2020 14-03-2017*

Attadia, L. & Martins, R. (2003) *Medição de desempenho como base para evolução da melhoria contínua*. Revista Produção v.13 n.2

Ávila, P. (2010) *Metodologia de Análise e Melhoria de Processo*. Porto. Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Bauch, C. (2004) *Lean Product Development: Making waste transparente* 140 p. 140 Tese Doutoramento. Munich. Technical University of Munich

Baudin, M. (2007) *Working with Machines: The nuts and bolts of lean operations with Jidoka*. New York. Productivity Press ISBN-13: 978-1-56327-329-2

Buzzi, D. & Plytiuk, C. (2009) *Pensamento enxuto e sistemas de saúde: um estudo da aplicabilidade de conceitos e ferramentas lean em contexto hospitalar*. Revista Qualidade Emergente, 2011, v.2 n.2: 18-38

Correa, H., & Correa, C. (2006) *Administração da Produção e Operações*. São Paulo. Atlas

Coutinho, C., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. & Vieira, S. (2009) *Investigação-ação: Metodologia Preferencial nas Práticas Educativas*. Revista "Psicologia, Educação e Cultura." ISSN 0874-2391. 13:2 (Dez. 2009) 355-379

CRW, Consultoria e Tratamento Empresarial (2017) www.crwconsultoria.com.br/filosofia-kaizen

Deighton, M. (2016) *Facility Integrity Management: Effective Principles and Practices for the Oil, Gas and Petrochemical Industries*. GPP. ISBN 978-0-12-801764-7

Eaidgah, Y. (2016) *Visual management, performance management and continuous improvement: a lean manufacturing approach*. International Journal of Lean Six Sigma, 7 (2)

Firmino, M. (2002) *Gestão das Organizações - Conceitos e Tendências Atuais*. 4ª Ed. Escolás Editora

Fogliatto, F. & Fagundes, P. (2003) *Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso*. Gest. Prod. vol.10, n.2, pp.163-181. ISSN 0104-530X

Giannini, R. (2007). *Aplicação de ferramentas do pensamento enxuto na redução das perdas em operações de serviços – Dissertação*. São Paulo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Graban, M. (2009). *Lean Hospitals: Improving Quality, Patient safety, and Employee satisfaction*. New York. Taylor & Francis Group

Hambach, J., Müller, M. & Metternich, J. (2017) *Evaluation of coaching success for the continuous improvement process – How to distinguish a good leader in CI?*. 7th Conference on Learning Factories. Procedia Manufacturing 9 (2017) 331 – 338. Elsevier

Helleno, A., Moraes, A., Ferro, R., Oliveira, M. & Simon, A. (2014) *Analysis of the Integration of Simulation Tools and Value Stream Mapping Optimization in Manufacturing Operations*. Espacios Vol. 35 (N.º 4) Pág. 11

Hornburg, S.; Will, D. Z.; Gargioni, P.C. (2007) *Introdução da Filosofia De Melhoria Contínua nas Fábricas Através de Eventos Kaizen*. Espírito Santo

Hutchins, D. (1999) *Just in time – 2nd ed.*. England. Gower. ISBN 0 566 07798 1

Imai, M. (1986) *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill Education – Europe. ISBN-13: 978-0075543329

Jorge, G., Miyake, D. & Da Silva, M. (2011) *Aplicação da abordagem Lean num processo de serviço do setor financeiro: Um estudo de caso*. São Paulo. Universidade de São Paulo

Kiran, D. (2017) *Total Quality Management: Key Concepts and Case Studies*. BSP. ISBN 978-0-12-811035-5

Kmita, S. (2003) *Análise da satisfação dos funcionários com as melhorias ergonómicas implantadas na divisão de usinagem da John Deere Brasil*. Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Koptak, M., Džubáková, M., Vasiliene-Vasiliauskiene, V., & Vasiliauskas, A. V. (2017) *Work Standards in Selected Third Party Logistics Operations: MTM-LOGISTICS Case Study*. *Procedia Engineering*, 187, 160–166

Lieberman, M. & Demeester, L. (1999) *Inventory Reduction and Productivity Growth: Linkages in the Japanese Automotive Industry*. *Management Science*, Volume 45, Issue 4. Informs

Liker, J. (2003) *The Toyota Way : 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-hill

Lomax, P. (1990) *Managing Staff development in Schools*. Clevedon. Multilingual Matters

Lyons, A., Vidamour, K. , Jain, R. & Sutherland, M. (2011) *Developing an understanding of lean thinking in process industries*. *Journal Production Planning & Control*. Pages 475-494

Macomber, H. & Howell, G. (2004) *The Two Great Wastes in Organizations* 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Helsingør, Denmark, 3-5 Aug 2004

Mateus, A., Caetano, G. & Rodrigues, H. (2016) *Sector Metalúrgico e Metalomecânico / Diagnóstico Competitivo e Análise Estratégica - Relatório Final*. Augusto Mateus & Associados

Mo, J., Sinha, A. (2015) *Engineering Systems: Acquisition and Support*. Woodhead Publishing. ISBN 978-0-85709-212-0

Moreira, A. & Pais, G. (2011) *Single Minute Exchange of Die. A case Study Implementation*. *Journal of Technology Management & Innovation* 2011, Volume 6, Issue I. Universidad Alberto Hurtado, Facultad Economía Y Negocios. Santiago, Chile. ISSN: 0718-2724

Moreira, S. (2011) *Aplicação da Ferramentas Lean. Caso de Estudo*. Lisboa. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

Moreno-Sanchez, D., Tijerina-Aguilera, J., Aguilar-Villareal, A. & Pilar-Tress, E. (2014) *A systematic waste taxonomy for operational excellence implementation. Anais do IIE Annual Conference and Expo*. Institute of Industrial Engineers

Mota, P. (2007) *Estudo e Implementação da metodologia SMED e o seu impacto numa Linha de Produção*. Lisboa. Instituto Superior Técnico

Ohno, T. (1988) *Toyota production system: beyond large-scale production*. Tokyo. Diamond

Pierre, F. & Martins, W. (2016) *AVALIAÇÃO DAS MELHORIAS ALCANÇADAS POR MEIO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA KAIZEN EM UMA EMPRESA DE USINAGEM*. Revista Tekhne e Logos V.7 N.1. ISSN 2176-4808

Rahani, A. & Al-Ashraf, M. (2012) *Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study*. International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors 2012. Procedia Engineering 41 (2012) 1727-1734. Elsevier

Randhawa, J. & Ahuja, I. (2017) *5S – a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions*. International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 34 Issue: 3, pp.334-361, <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2015-0045>

Rodrigues, M. (2016) *Entendendo, Aprendendo e Desenvolvendo Sistemas de Produção Lean Manufacturing 2. ed.*. Rio de Janeiro. ELSEVIER. ISBN 978-85-352-8459-1

Rother, M. & Shook, J. (1999) *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA 1st Edition*. The Lean enterprise Institute. Cambridge, MA USA. ISBN-10 0966784308

Sharma, S., & Gandhi, P. J. (2017) *Scope and Impact of Implementing Lean Principles & Practices in Shipbuilding*. Procedia Engineering, 194, 232–240

Shingo, S. (1985) *A Revolution in Manufacturing: The SMED System 1st Edition*. Productivity Press. ISBN-10: 0915299038

Simas, A. (2016) *Gestão Visual em Sistemas Lean: metodologia de Uniformização*. Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologia da universidade Nova de Lisboa

Sople, V. (2011) *Supply Chain Management: Text and Cases*. India. Pearson Education.

Sugimori, Y. , Kusunoki, K. , Cho, F. & Uchikawa, S. (1977) *Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system*. THE INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH, 15:6, 553-564, DOI: 10.1080/00207547708943149

Susman, G.I.; Evered, R.D. (1978) *An Assessment of the Scientific Merits of Action Research*. Administrative Science Quarterly, Vol. 23, No. 4 (Dec., 1978), pp. 582-603

Weigel, A. (2000) *A Book Review: Lean Thinking by Womack and Jones*. Assignment for ESD.83: Research Seminar in Engineering Systems. MIT

Wojakowski, P. (2013) *Some Aspects of Visual Management Systems Applied in Modern Industrial Plant.* , pp.374–380

Womack, J. & Jones, D. (1996) *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster

Womack, J., Jones, D. & Ross, D. (1990) *The Machine that Changed the World*. Free Press. ISBN-13 978-0-7432-9979-4

Zuber-Skerrit, O. (1996) *Effective Change Management through Action Research and Action Learning: Concepts, Perspectives, Processes and Applications* Chapter 1, pp. 1-20. Lismore, Australia. Southern Cross University Press

ANEXOS

ANEXO 1: FÓRMULAS DE CÁLCULO DE TEMPOS DE MAQUINAGEM

ANEXOS

ANEXO 1: FÓRMULAS DE CÁLCULO DE TEMPOS DE MAQUINAGEM

- Operação Fresar Faces (1):

$$51,29 * (((L * C)/1.000.000) * 2) + 30$$

Onde:

51,29 = Q (Taxa de remoção) [min/m²]

L = Largura [mm]

C = Comprimento [mm]

2 = 2 Faces

30 = Setup [min]

- Operação Fresar Lados (2):

$$34,16 * (((E * C) + (E * L))/1.000.000) * 2 + 10$$

Onde:

34,16 = Q (Taxa de remoção) [min/m²]

E = Espessura

C = Comprimento [mm]

L = Largura [mm]

2 = 2 Lados e Topos

30 = Setup [min]

- Operação Retificar Faces (3):

$$((((C * L * 0,05)/1000) / 150) + 0,20) * 2 * 60$$

Onde:

150 = Q (Taxa de remoção) [cm³/h]

C = Comprimento [mm]

L = Largura [mm]

0,05 = Sobre espessura de retificação [mm]

0,2 = Setup [h]

2 = 2 Faces

- Operação Furação e Roscagem (4):

$$NrFuros * 8 + Nr Furos * 3$$

Onde:

NrFuros = N.º de Furos

8 = Taxa de furação [min/furo]

3 = Setup [min/furo]

- Operação Fresar Faces Desbaste e Acabamento (5):

$$(((Acomp) * [Alarg])/100) * ([EspInicial - EspFinal]/10) * Q * 2) + S$$

Onde:

Q = (Taxa de remoção) [min/cm³]

Acomp = Comprimento [mm]

Alarg = Largura [mm]

Esp = Espessura [mm]

2 = 2 Faces

S = Setup [min]

- Operação Lados Faces Desbaste e Acabamento (6):

$$(((Acomp) * [Aespe])/100) * ([LargInicial - LargFinal]/10) * Q * 2) + (((Alarg) * [Aespe])/100) * ([CompInicial - CompFinal]/10) * Q * 2) + S$$

Onde:

Q = (Taxa de remoção) [min/cm³]

Acomp = Comprimento [mm]

Alarg = Largura [mm]

Aesp = Espessura [mm]

Alarg = Largura [mm]

2 = 2 Lados e Topos

S = Setup [min]

- Operação Retificar Faces e Lados (7):

$$(((Acomp) * [Alarg] * 0,48) / 1000) / 150 * 2) + S$$

Onde:

150 = Q (Taxa de remoção) [cm³/h]

Acomp = Comprimento [mm]

Alarg = Largura [mm]

0,48 = Sobre espessura de retificação [mm]

0,2 = Setup [h]

2 = 2 Faces

Nota: Aquando da operação de retificação de lados, a fórmula mantém-se, sendo que os parâmetros são alterados no configurador do *ERP BAAN IV* pelo promotor que insere a encomenda.

- Operação Furação e Roscagem: Não se altera.